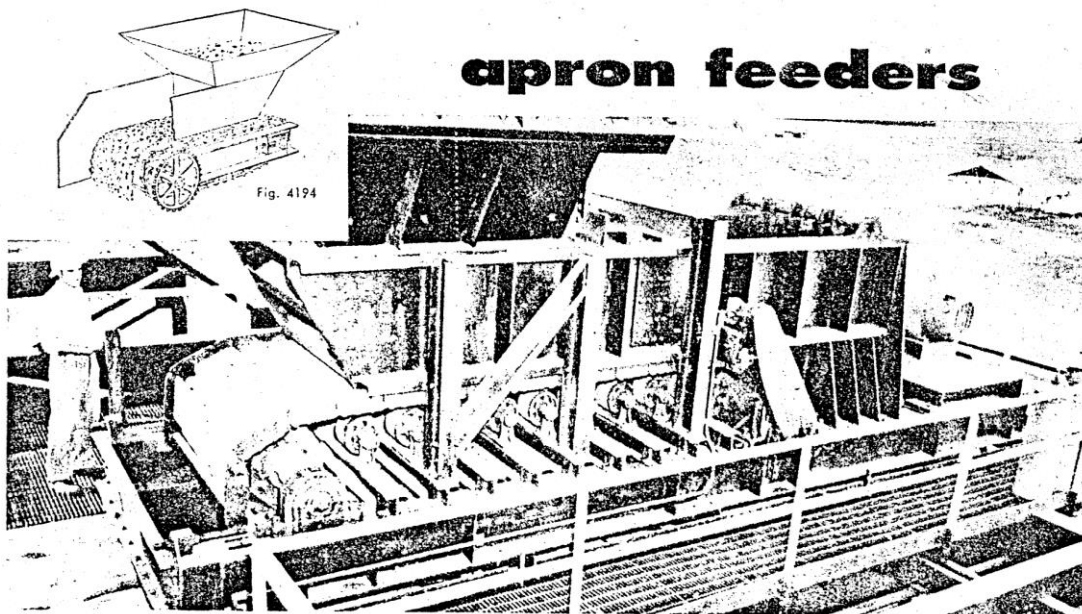


ANEXO A

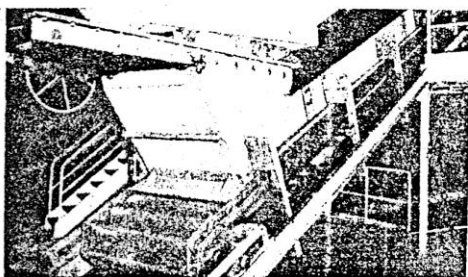
SELECCIÓN DEL APRON FEEDER

bulk handl  
apron feed

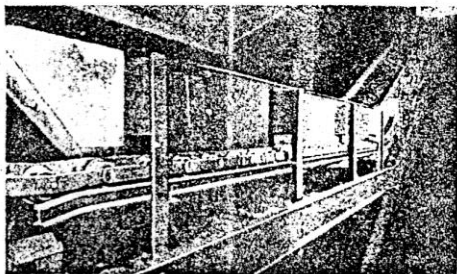
apron feeders



Type D manganese steel apron feeder 60" wide receives iron ore from crusher above and feeds it to two scalping screens. Photo 36115



Type C inclined apron feeder, gate and hopper are part of this economical Link-Belt coal handling system installed in a modern power plant. Photo 29317



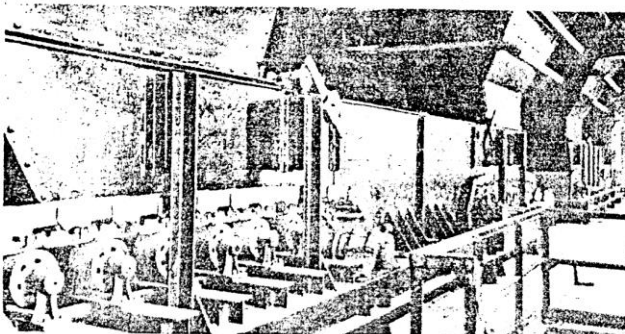
Type C apron feeder in this power plant has horizontal loading section. The coal travels from a track hopper onto the apron feeder and then to a storage reclaiming hopper. Photo 28543

Type D heavy duty manganese steel apron feeders in steel mill feeding iron ore from hoppers to conveyors on floor below. Photo 37481

An apron feeder consists essentially of an endless apron of overlapping pans, operating over head and foot terminals and suitable intermediate supports. The apron is the conveying medium and consists of the pans attached to two or more strands of chain. Pan sides of various styles may be attached to prevent spillage. Stationary skirt plates, or the sides of properly constructed hoppers and bins, serve to confine the material and provide the necessary depth of bed for desired capacity, or to accommodate large lumps.

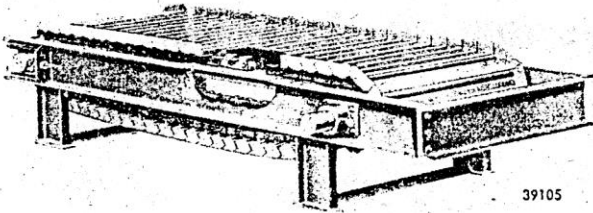
Apron feeders can be used to handle practically any loose bulk material such as ores, sand, gravel, stone, coal, cullet, foundry and industrial refuse. They are recommended for handling materials containing large, heavy or sharp lumps, for installations where they must withstand the impact of heavy materials falling some distance, and for receiving and feeding hot materials that would damage other types of feeders.

Link-Belt apron feeders embody design and construction features that have been proven over many years of operation. Link-Belt is also prepared to design and build special apron feeders to suit unusual applications.



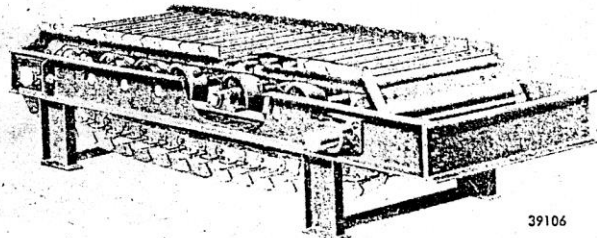
handling  
in feeders

**Types**



39105

Type A apron feeder



39106

Type B apron feeder

**Type A apron feeders**

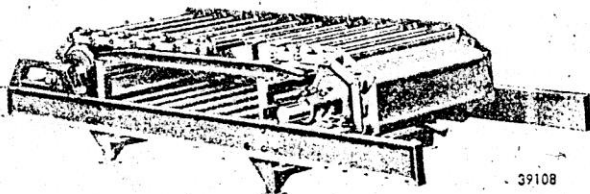
These feeders are suitable for handling both light and heavy materials where maximum lump size is limited and impact and service are not severe. They are well suited to transferring heavy materials such as stone and ore from bins or hoppers which always retain a bed of material to absorb the impact of material being loaded into the bin. With coal and other lighter materials such protection of the apron is not necessary. Since relatively short pitch chains and apron pans are used, this type is capable of delivering a more uniform feed than other apron feeders with longer pitch chains.

Type A apron feeders, incorporating a self-contained steel frame, are sturdy and simple to install. Two strands of 4" pitch steel bushed roller chain carry the overlapping double-beaded steel apron pans. Great strength is obtained by attaching the pans to, and supporting them on the top of, both sidebars of each strand of chain, preventing twisting of the chain and undue wear on chain joints. Chain rollers ride on tracks welded to the steel frame of the carrying run. Skirt plates are normally required to confine the material. Pan sides are recommended to prevent excessive spillage when fine materials are handled.

**Type B apron feeders**

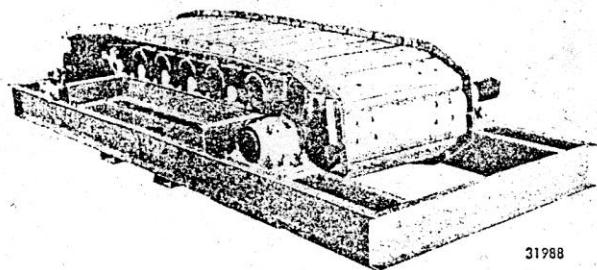
These feeders are designed for heavier service than Type A apron feeders. They can handle larger lump sizes and withstand substantially more impact. They are compact and economical, requiring minimum head room.

Double-beaded steel apron pans are mounted on two strands of 6" pitch steel bushed roller chain. The outstanding feature of this design is that on the carrying run the chain rides on large diameter, wide face rollers mounted in the frame. These stationary rollers serve in place of tracks to carry the weight of the beaded apron. Chains and supporting rollers are located under the pans, reducing the unsupported span and providing increased resistance to bending.



39108

Type C apron feeder



31988

Type D apron feeder

**Type C apron feeders**

These feeders are designed for medium duty but are more flexible as to length and application than the self-contained Types A and B. They are adapted to installation in combined horizontal and inclined paths. The lighter materials, such as coal, may be handled under moderate service, and heavier, abrasive materials, such as rock, may be handled under limited service conditions where speeds are relatively low.

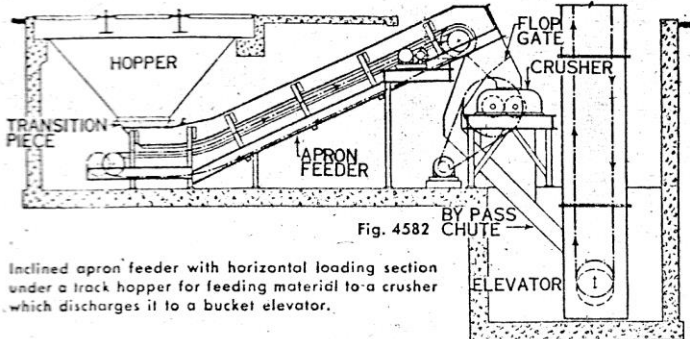
The ends of the single-beaded steel apron pans are fastened through attachments to the inside sidebars of two strands of 9" pitch steel bushed roller chain. Pans are inclined in the direction of travel, forming valleys which, on inclined runs, restrain material from sliding. The structural steel frame includes T-rails for supporting the chain rollers on the carrying run and angles for the return run. The chain has hardened steel pins and bushings and chrome iron flanged rollers. Inside chain sidebars are wider than normal and extend above the apron pans to form pan sides which, in conjunction with skirt plates, prevent excessive spillage.

**Type D apron feeders**

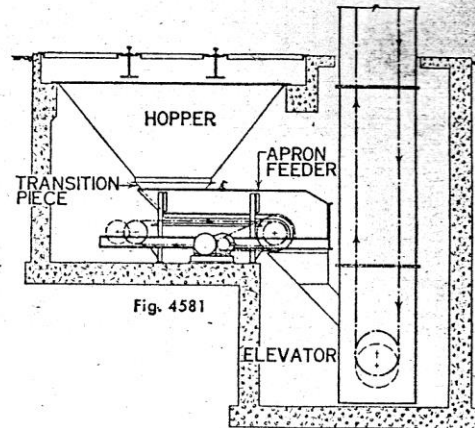
These heavy duty feeders are extremely rugged and are built to withstand the most severe conditions of service, impact and abrasion. They are designed for handling such materials as ore and rock containing a high percentage of large lumps.

The conveying medium consists of substantial, overlapping cast manganese steel apron pans mounted on two or three strands of heavy cast chain. Overlapping integrally cast manganese steel apron pans and chain can also be furnished. Chains are strategically located to support the load properly and minimize pan deflection. On the carrying run the chain is supported by independently mounted carrying rollers. The return run is unsupported on short feeders, but on medium and long feeders supporting rollers are provided which operate on lugs projecting from the pan ends. Pans are heavily ribbed for strength, with a smooth flat top to prevent lumpy material from fouling overlapping edges.

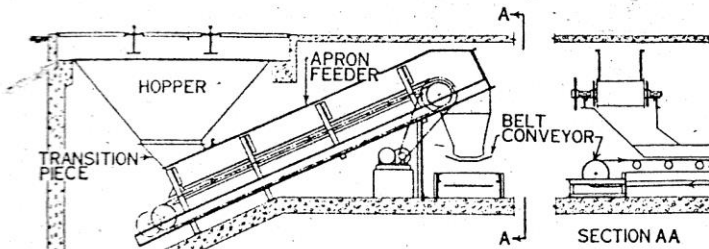
## Arrangements



Inclined apron feeder with horizontal loading section under a track hopper for feeding material to a crusher which discharges it to a bucket elevator.



Horizontal apron feeder installed under a track hopper to provide uniform feed of material to an adjacent bucket elevator.



Inclined apron feeder arranged to feed material from a track hopper to a belt conveyor whose path is at right angles to that of the feeder.

## Selection

### Examples of apron feeder selection

#### Problem 1

Select a Type B inclined apron feeder to meet the following conditions:

Material . . . . . dolomite  
 Weight . . . . . 100 pounds per cubic foot  
 Capacity . . . . . 440 tons per hour  
 Maximum lump size . . . . . 12", 10% of total volume  
 Shaft centers . . . . . 8'-1" along incline  
 Incline . . . . . 1'-6" lift  
 Service . . . . . 8 hours per day

#### Solution

minimum height of skirt plates =  $1\frac{1}{2} \times \text{lump size} = 1\frac{1}{2} \times 12 = 18"$

Refer to table for Type B feeders. A feeder with 42" wide apron is required for the lump size. This feeder with 18" high skirt plates operating at 20 FPM will handle 225 TPH of material weighing 100 pounds per cubic foot.

$$\text{speed of feeder for capacity of 440 TPH} = \frac{440 \times 20}{225} = 39.1 \text{ FPM}$$

$$\text{horsepower at head shaft, based on 20 FPM feeder speed} = 2.15 + (3.5 \times .12) + (1.5 \times .26) = 2.96 \text{ HP}$$

Refer to table of terminals. Terminal No. 2 with 3 $\frac{1}{4}$ " diameter head shaft is satisfactory for 2.96 HP

$$\text{horsepower at head shaft, based on 39.1 FPM feeder speed} = \frac{2.96 \times 39.1}{20} = 5.80 \text{ HP}$$

$$\text{speed of head shaft for 39.1 FPM} = \frac{5.7 \times 39.1}{20} = 11.2 \text{ RPM}$$

With the horsepower and speed at the head shaft known, refer to Catalog 1050 to make the drive selection.

#### Problem 2

Select a Type D horizontal apron feeder to meet the following conditions:

Material . . . . . iron ore  
 Weight . . . . . 150 pounds per cubic foot  
 Capacity . . . . . 1000 tons per hour  
 Maximum lump size . . . . . 18", less than 10% of total volume  
 Shaft centers . . . . . 12'-11"  
 Service . . . . . 10 hours per day

#### Solution

minimum height of skirt plates =  $1\frac{1}{2} \times \text{lump size} = 1\frac{1}{2} \times 18 = 27"$

Refer to table for Type D feeders. A 9" pitch feeder with 48" wide apron is required for the lump size. This feeder with 30" high skirt plates operating at 20 FPM will handle 426 TPH of material weighing 100 pounds per cubic foot.

$$\text{for material weighing 150 pounds per cubic foot, capacity of feeder} = \frac{426 \times 150}{100} = 639 \text{ TPH}$$

$$\text{speed of feeder for capacity of 1000 TPH} = \frac{1000 \times 20}{639} = 31.3 \text{ FPM}$$

$$\text{horsepower at head shaft, based on 20 FPM feeder speed and 150 pounds per cubic foot material} = \frac{[3.89 + (5.5 \times .16)] 150}{100} = 7.15 \text{ HP}$$

Refer to table of terminals for 9" pitch feeders. Terminal No. 3 with 5 $\frac{1}{2}$ " diameter head shaft is satisfactory for 7.15 HP.

$$\text{horsepower at head shaft, based on 31.3 FPM feeder speed} = \frac{7.15 \times 31.3}{20} = 11.2 \text{ HP}$$

$$\text{speed of head shaft for 31.3 FPM} = \frac{4.4 \times 31.3}{20} = 6.9 \text{ RPM}$$

With the horsepower and speed at the head shaft known, refer to Catalog 1050 to make the drive selection.

DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE, PLOMO Y ZINC CON UNA CAPACIDAD DE 4800 TMPD

feeders

**Type A apron feeders • 4-inch pitch**

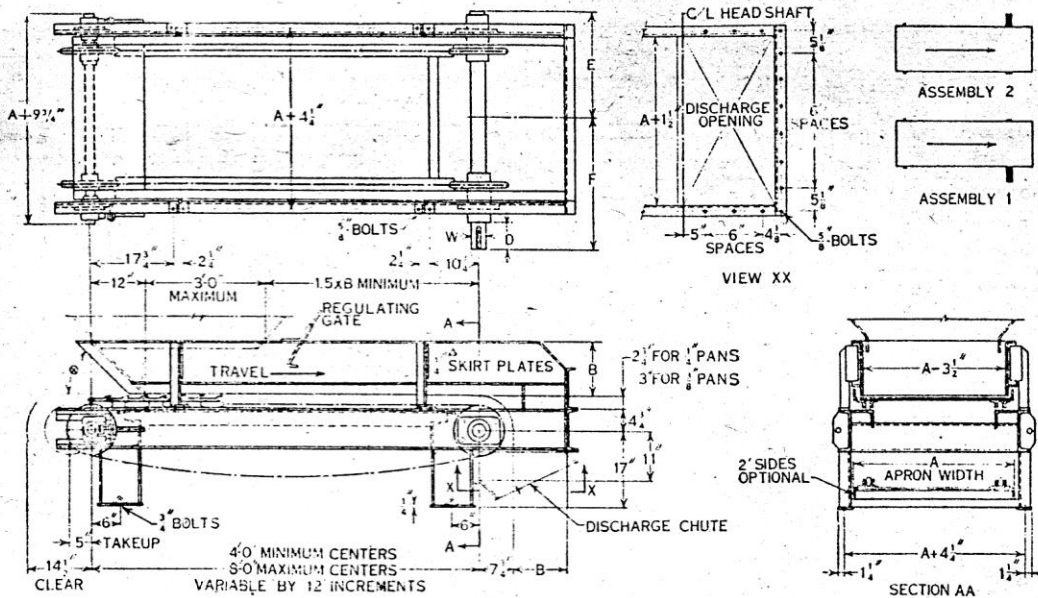


Fig. 5669

Apron width A, inches	Maximum lump size, inches				Capacity ▲						Horsepower at head shaft ▲						Head shaft speed, RPM ■			
	Weight of material, pounds per cubic foot				Cubic feet per hour			Tons per hour			Minimum shaft centers		Additional centers, per foot		Lift, per foot					
	50		100 to 125		Skirt height B, inches ○						Skirt height B, inches ○									
	Unsize	Sized	Unsize	Sized	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12	18	24				
18	6	3	6	3	1140			57			.60			.05			.08			7.5
24	8	4	6	3	1620	2400		81	120		.84	.92		.06	.08		.10	.14		7.5
30	8	4	6	3	2100	3100	4090	105	155	204	1.18	1.30	1.42	.07	.10	.13	.12	.18	.24	7.5
36	8	4	6	3	2570	3800	5020	128	190	251	1.52	1.64	1.80	.08	.11	.15	.16	.22	.30	7.5
42	8	4	6	3	3040	4500	5950	152	225	296	1.96	2.08	2.24	.09	.12	.16	.18	.26	.36	7.5
48	8	4	6	3	3520	5200	6880	176	260	344	2.20	2.36	2.52	.10	.14	.18	.22	.30	.40	7.5

Apron width A, inches	Head shaft selection and dimensions, inches															Maximum weight at minimum shaft centers, pounds	Additional weight per foot of centers, pounds	
	Terminal No. 1 1 horsepower ■					Terminal No. 2 2 horsepower ■					Terminal No. 3 3.2 horsepower ■							
	D	E	F	W	Keyseat	D	E	F	W	Keyseat	D	E	F	W	Keyseat			
18	4 3/4	13 3/4	17 3/4	2 7/16	3/8 x 3/16												1670	200
24	4 3/4	16 1/4	20 3/4	2 7/16	3/8 x 3/16	5 1/2	16 3/4	21 3/4	2 15/16	3/4 x 3/8							1910	225
30	4 3/4	19 1/4	23 3/4	2 7/16	3/8 x 3/16	5 1/2	19 3/4	24 3/4	2 15/16	3/4 x 3/8	6 1/4	20 3/4	26 3/4	3 7/16	7/8 x 7/16		2153	250
36	4 3/4	22 1/4	26 3/4	2 7/16	3/8 x 3/16	5 1/2	22 3/4	27 3/4	2 15/16	3/4 x 3/8	6 1/4	23 3/4	29 3/4	3 7/16	7/8 x 7/16		2338	275
42	4 3/4	25 1/4	29 3/4	2 7/16	3/8 x 3/16	5 1/2	25 3/4	30 3/4	2 15/16	3/4 x 3/8	6 1/4	26 3/4	32 3/4	3 7/16	7/8 x 7/16		2520	300
48	4 3/4	28 1/4	32 3/4	2 7/16	3/8 x 3/16	5 1/2	28 3/4	33 3/4	2 15/16	3/4 x 3/8	6 1/4	29 3/4	35 3/4	3 7/16	7/8 x 7/16		2705	325

Have dimensions certified for installation on feeders.

Head and foot shafts have rabbitted bearing blocks and takeups.

▲ Based on feeder speed of 20 FPM, handling material weighing 120 pounds per cubic foot and with skirt plates located 75% of theoretical maximum cross section. Capacity and horsepower are all proportional to feeder speed and weight of material. Maximum speed 40 FPM.

△ Feeders may be furnished with or without skirt plates.

○ For horizontal feeders 45°, for inclined feeders 63°, 18° maximum incline for feeders.

■ based on feeder speed of 20 FPM and directly proportional to other speeds.

○ Maximum size lumps for unsized material not to exceed 10% of total volume and at least 75% of total to be less than one-half maximum lump size. Aprons with 2" high pan sides recommended for fine material.

○ Recommended minimum height of skirts, 1 1/2 times maximum lump size.

**Type B apron feeders • 6-inch pitch**

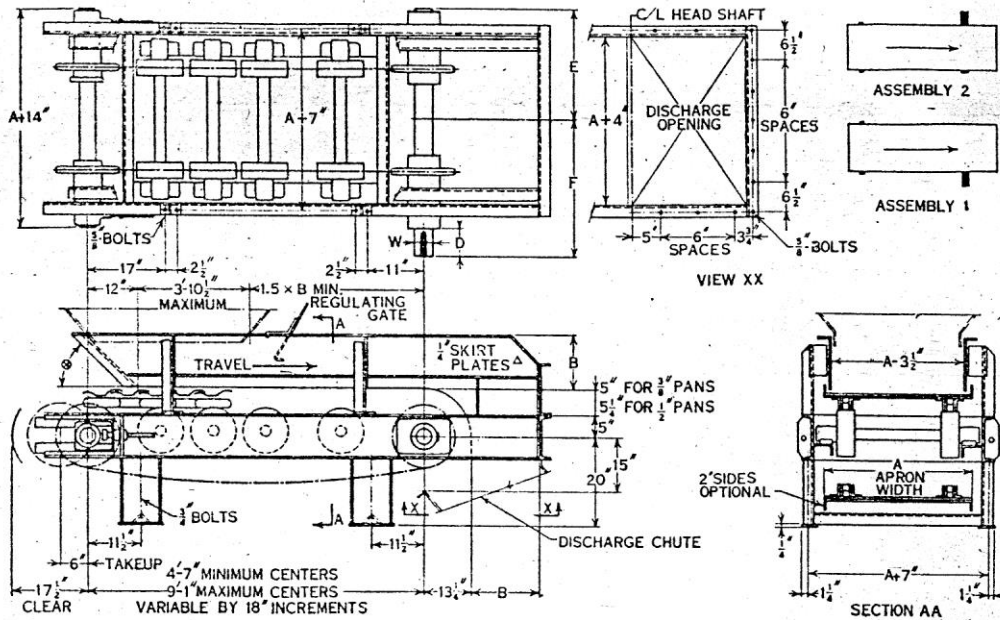


Fig. 5670

Apron width A, inches	Maximum lump size, inches				Capacity ▲									Horsepower at head shaft ▲									Head shaft speed, RPM ■
	Weight of material, pounds per cubic foot				Cubic feet per hour			Tons per hour			Minimum shaft centers			Additional centers, per foot			Lift, per foot						
	50		100 to 125		Skirt height B, inches ⊕									Skirt height B, inches ⊕									
	Unsize	Sized	Unsize	Sized	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12	18	24				
24	8	4	8	4	1620	2400	...	81	120	...	.87	.97	...	.06	.08	...	.10	.14	...	5.7			
30	12	5	10	5	2100	3100	4090	105	152	204	1.22	1.36	1.49	.07	.10	.13	.12	.18	.24	5.7			
36	16	6	10	5	2570	3800	5020	128	190	251	1.57	1.70	1.88	.08	.11	.15	.16	.22	.30	5.7			
42	16	8	12	6	3040	4500	5950	152	225	297	2.01	2.15	2.33	.09	.12	.16	.18	.26	.36	5.7			
48	16	8	12	6	3520	5200	6880	176	260	344	2.26	2.44	2.61	.10	.14	.18	.22	.30	.40	5.7			

Apron width A, inches	Head shaft selection and dimensions, inches															Maximum weight at minimum shaft centers, pounds	Additional weight per foot of centers, pounds
	Terminal No. 1 1.8 horsepower ■					Terminal No. 2 3.1 horsepower ■					Terminal No. 3 4.2 horsepower ■						
	D	E	F	W	Keyseat	D	E	F	W	Keyseat	D	E	F	W	Keyseat		
24	6 1/4	19	25	3 7/8	7/8 x 7/8	7	22 1/2	29	3 1/8	1 x 1/2	7 1/2	26	33	4 7/8	1 x 1/2	3088	335
30	6 1/4	22	28	3 7/8	7/8 x 7/8	7	25 1/2	32	3 1/8	1 x 1/2	7 1/2	26	33	4 7/8	1 x 1/2	3460	370
36	6 1/4	25	31	3 7/8	7/8 x 7/8	7	25 1/2	32	3 1/8	1 x 1/2	7 1/2	26	33	4 7/8	1 x 1/2	3753	400
42	6 1/4	28	34	3 7/8	7/8 x 7/8	7	28 1/2	35	3 1/8	1 x 1/2	7 1/2	29	36	4 7/8	1 x 1/2	4055	435
48	6 1/4	31	37	3 7/8	7/8 x 7/8	7	31 1/2	38	3 1/8	1 x 1/2	7 1/2	32	39	4 7/8	1 x 1/2	4353	470

- Have dimensions certified for installation purposes.
- Head and foot shafts have babbit bearing blocks and takeups.
- ▲ Based on feeder speed of 20 FPM, handling material weighing 100 pounds per cubic foot and with skirt plates loaded 75% of theoretical maximum cross section. Capacity and horsepower directly proportional to feeder speed and weight of material. Maximum speed 40 FPM.
- ... Feeders may be furnished with or without skirt plates.
- ⊕ For horizontal feeders 45°, for inclined feeders 63°, 18° maximum incline for feeders.
- Based on feeder speed of 20 FPM and directly proportional to other speeds.
- Maximum size lumps for unsized material not to exceed 10% of the total volume and at least 75% of total to be less than one-half maximum lump size. Aprons with 2" high pan sides recommended for fine material.
- ⊗ Recommended minimum height of skirts, 1 1/2 times maximum lump size.

DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE, PLOMO Y ZINC CON UNA CAPACIDAD DE 4800 TMPD

handling

in feeders

**Type C apron feeders • 9-inch pitch**

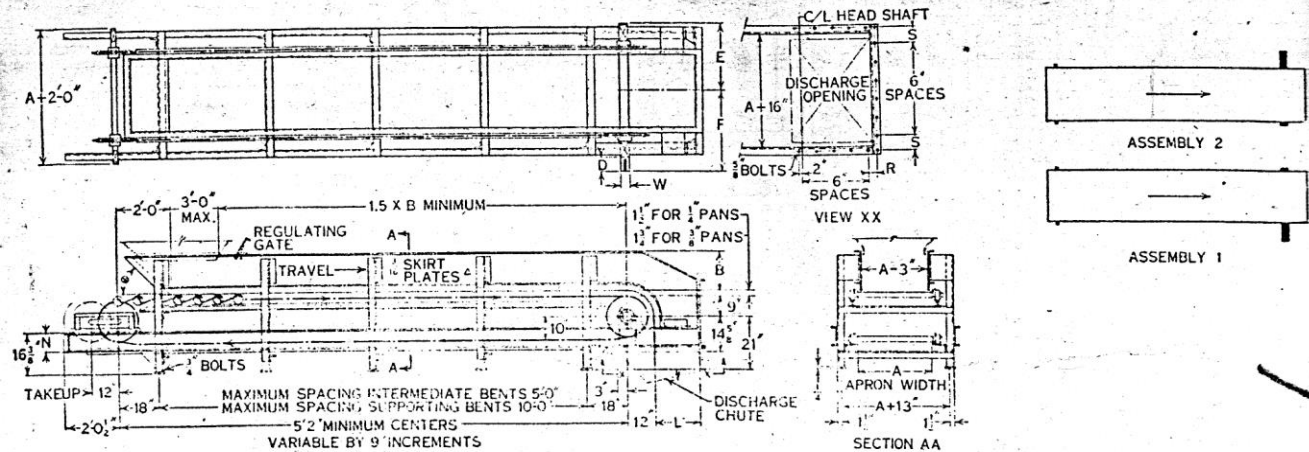


Fig. 5671

Apron width A, inches	Maximum lump size, inches ○		Capacity ▲				Horsepower at head shaft ■												Head shaft speed, RPM ■				
			Cubic feet per hour		Tons per hour		Minimum shaft centers				Additional centers, per foot				Lift, per foot								
			Skirt height B, inches ☐								Skirt height B, inches ☐												
Unsize	Sized	12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30		
18	6	4	1200				30			.30				.020				.036					4.5
24	8	5	1760	2480			44	62		.40	.48			.022	.034			.052	.074				4.5
30	12	6	2240	3200	4240		56	80	106	.58	.65	.72		.026	.038	.052		.064	.094	.130			4.5
36	16	8	2720	4000	5200		68	100	130	.76	.82	.89		.030	.042	.056		.080	.116	.154			4.5
42	16	10	3200	4640	6160	7600	80	116	154	190	.97	1.04	1.11	1.21	.032	.046	.062	.080	.094	.136	.180	.220	4.5
48	16	12	3680	5360	7040	8800	92	134	176	220	1.08	1.16	1.24	1.34	.034	.050	.066	.086	.108	.156	.204	.256	4.5

Apron width A, inches	Head shaft selection and dimensions in inches																				L Skirt height 12" 24" and 18" 30"	N	R	S	Maximum weight at minimum shaft centers, pounds	Additional weight per foot of centers, pounds		
	Terminal No. 1 1.0 horsepower ■					Terminal No. 2 1.6 horsepower ■					Terminal No. 3 2.5 horsepower ■					Terminal No. 4 3.9 horsepower ■												
	D	E	F	W	Key-seat	D	E	F	W	Key-seat	D	E	F	W	Key-seat	D	E	F	W	Key-seat								
18	3 1/2	19	3/4	24 1/2	2 7/16	3/8 x 3/16	4 1/2	20 1/4	25 3/4	2 13/16	3/4 x 3/8											18			8 3/8	6 3/8	2670	265
24	3 1/2	22 3/4	27 1/2	2 7/16	3/8 x 5/16	4 1/2	23 1/4	28 3/4	2 13/16	3/4 x 3/8	5	23 3/4	29 1/2	3 7/16	7/8 x 7/16							18			8 3/8	6 3/8	2975	295
30	3 1/2	25 3/4	30 1/2	2 7/16	3/8 x 5/16	4 1/2	26 1/4	31 3/4	2 13/16	3/4 x 3/8	5	26 3/4	32 1/2	3 7/16	7/8 x 7/16	6	27 1/4	34	3 13/16	1 x 1/2		18	24		8 3/8	6 3/8	3382	330
36	3 1/2	28 3/4	33 1/2	2 7/16	3/8 x 5/16	4 1/2	29 1/4	34 3/4	2 13/16	3/4 x 3/8	5	29 3/4	35 1/2	3 7/16	7/8 x 7/16	6	30 1/4	37	3 13/16	1 x 1/2		18	24		8 3/8	6 3/8	3585	355
42						4 1/2	32 1/4	37 3/4	2 13/16	3/4 x 3/8	5	32 3/4	38 1/2	3 7/16	7/8 x 7/16	6	33 1/4	40	3 13/16	1 x 1/2		18	24		10 3 1/2	6 1/2	4173	425
48						4 1/2	35 1/4	40 3/4	2 13/16	3/4 x 3/8	5	35 3/4	41 1/2	3 7/16	7/8 x 7/16	6	36 1/4	43	3 13/16	1 x 1/2		18	24		10 3 1/2	6 1/2	4330	450

Have dimensions certified for installation purposes.  
Head shafts have either Series 2-1500 babbitted or Series 400 roller bearing pillow blocks.  
Foot shafts have either Series DS-B2800 babbitted or Series DS 3-400A roller bearing takeups.

▲ Based on feeder speed of 20 FPM, handling material weighing 50 pounds per cubic foot and with skirt plates loaded 75% of theoretical maximum cross section. Capacity and horsepower directly proportional to feeder speed and weight of material. Maximum speed 50 FPM.

- Based on feeder speed of 20 FPM and directly proportional to other speeds.
- Maximum size lumps for unsized material not to exceed 10% of total volume and at least 75% of total to be less than one-half maximum lump size. Aprons with 2" high pan sides recommended for fine material.
- ☐ Recommended minimum height of skirts, 1 1/2 times maximum lump size.
- ⊙ For horizontal feeders 45°, for inclined feeders 70°, 25° maximum incline for feeders.
- ▲ Feeders can be furnished with or without skirt plates.

bulk hand  
apron fee

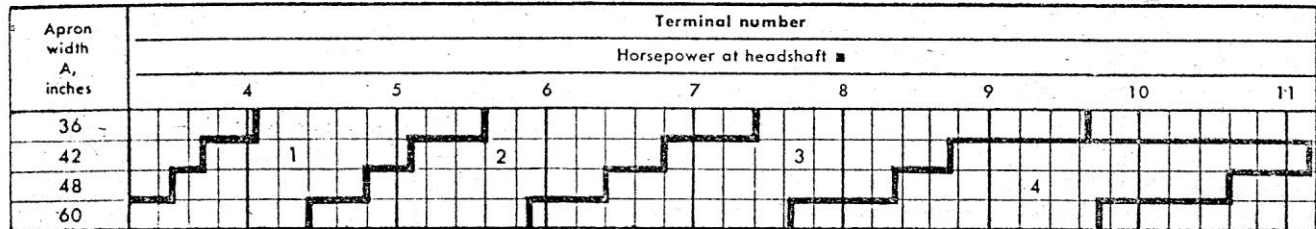
## Type D apron feeders • Manganese steel

Selection table • 9-inch and 12-inch pitch

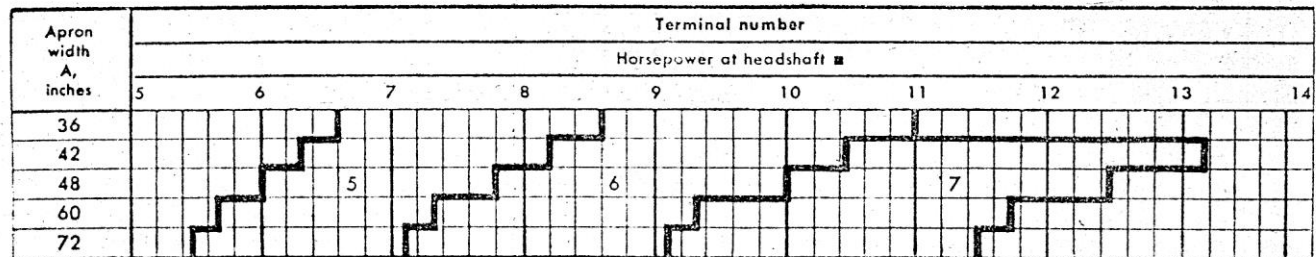
Apron width A, inches	Maximum lump size, inches		Capacity ▲								Horsepower at head shaft for 9" pitch feeder ▲												Head shaft speed, RPM	
	Pitch, inches		Cubic feet per hour				Tons per hour				Minimum shaft centers 7'-6", variable in 18" increments				Additional centers per foot				Lift per foot					
	9	12	Skirt height B, inches ∅								Skirt height B, inches													
			12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30		
36	15	15	2500	3760	5000	...	125	188	250	...	1.55	1.69	1.92	...	.06	.08	.11	...	.15	.22	.30	...	4.4	
42	17	17	...	4440	5920	7400	...	222	296	370	...	2.37	2.59	2.81	...	.09	.12	.15	...	.26	.35	.45	...	4.4
48	19	19	...	5120	6820	8520	...	256	341	426	...	3.44	3.66	3.89	...	.10	.13	.16	...	.30	.40	.50	...	4.4
60	20	24	...	6460	8600	10800	...	323	430	540	...	6.12	6.41	6.71	...	.11	.15	.19	...	.38	.50	.64	...	4.4
72	...	30	...	7800	10380	13080	...	390	519	654	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Apron width A, inches	Horsepower at head shaft for 12" pitch feeder ▲												Head shaft speed, RPM
	Minimum shaft centers, 8'-0" variable in 12" increments				Additional centers per foot				Lift per foot				
	Skirt height B, inches												
	12	18	24	30	12	18	24	30	12	18	24	30	
36	1.64	1.81	2.08	...	.06	.08	.11	...	.15	.22	.30	...	3.3
42	...	2.50	2.77	3.04	...	.09	.12	.15	...	.26	.35	.45	3.3
48	...	3.59	3.86	4.13	...	.10	.13	.16	...	.30	.40	.50	3.3
60	...	6.28	6.64	7.00	...	.11	.15	.19	...	.38	.50	.64	3.3
72	...	7.38	7.68	7.98	...	.13	.17	.21	...	.45	.60	.76	3.3

### Terminals • 9-inch pitch



### Terminals • 12-inch pitch



Have dimensions certified for installation purposes.

Head and foot shafts are provided with Series 2-1500 babbitted pillow blocks.

▲ Based on feeder speed of 20 FPM, handling material weighing 100 pounds per cubic foot and with skirt plates loaded 75% of theoretical maximum cross section. Capacity and horsepower directly proportional to feeder speed and weight of material. Maximum speed for 9" pitch feeders, 50 FPM; for 12" pitch feeders, 40 FPM.

■ Based on feeder speed of 20 FPM and directly proportional to other speeds.

○ Maximum size lumps for unsized material not to exceed 10% of total volume and at least 75% of total to be less than one-half maximum lump size. Aprons with 2" high pan sides recommended for fine material.

∅ Recommended minimum height of skirts, 1½ times maximum lump size.

link handling  
iron feeders

### Type D apron feeders • Manganese steel

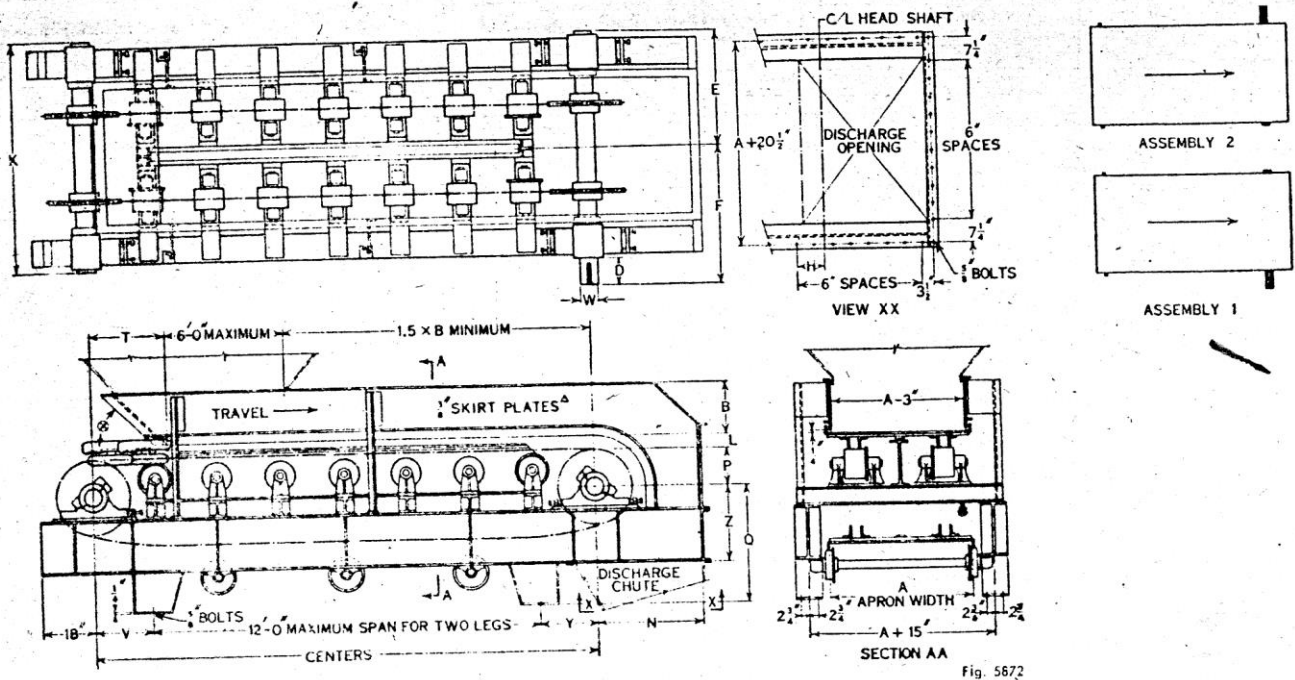


Fig. 5672

**9-inch pitch**

Apron width A, inches	Terminal No. 1						Terminal No. 2						Terminal No. 3						Terminal No. 4					
	D	E	F	K	W	Keyseat	D	E	F	K	W	Keyseat	D	E	F	K	W	Keyseat	D	E	F	K	W	Keyseat
	INCHES																							
36	6	30 3/4	36 1/2	61 1/2	4 15/16	1 1/4 x 3/8	6	31 3/4	37 1/2	63 1/2	5 7/8	1 1/4 x 3/8	6	31 3/4	37 1/2	63 1/2	5 11/16	1 1/2 x 3/4	8	32 3/4	40 1/2	65 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4
42	6	33 3/4	39 1/2	67 1/2	4 15/16	1 1/4 x 3/8	6	34 3/4	40 1/2	69 1/2	5 7/8	1 1/4 x 3/8	6	34 3/4	40 1/2	69 1/2	5 11/16	1 1/2 x 3/4	8	35 3/4	43 1/2	71 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4
48	6	36 3/4	42 1/2	73 1/2	4 15/16	1 1/4 x 3/8	6	37 3/4	43 1/2	75 1/2	5 7/8	1 1/4 x 3/8	6	37 3/4	43 1/2	75 1/2	5 11/16	1 1/2 x 3/4	8	38 3/4	46 1/2	77 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4
60	6	42 3/4	48 1/2	85 1/2	4 15/16	1 1/4 x 3/8	6	43 3/4	49 1/2	87 1/2	5 7/8	1 1/4 x 3/8	6	43 3/4	49 1/2	87 1/2	5 11/16	1 1/2 x 3/4	8	44 3/4	52 1/2	89 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4

Apron width A, inches	L	N				P	Q	T	V	Y	Z	H	Maximum weight at minimum shaft centers, pounds	Additional weight per foot of centers, pounds
		Skirt height B, inches												
		12	18	24	30									
	INCHES													
36	4	26	32	38	44	9 3/4	26	23	17 1/2	17 1/2	17 3/4	11	10,500	800
42	4	...	32	38	44	9 3/4	26	23	17 1/2	17 1/2	17 3/4	11	12,085	860
48	4	...	32	38	44	9 3/4	26	23	17 1/2	17 1/2	17 3/4	11	13,050	940
60	4 1/4	...	32	38	44	9 3/4	26	23	17 1/2	17 1/2	17 3/4	11	15,470	1130

Have dimensions certified for installation purposes.  
 Δ Feeders can be furnished with or without skirt plates.  
 ⊕ For horizontal feeders 45°, for inclined feeders 55°, 10° maximum incline for feeders.



## Type D apron feeders • Manganese steel

12-inch pitch

Apron width A, inches	Terminal No. 5						Terminal No. 6						Terminal No. 7					
	D	E	F	K	W	Keyseat	D	E	F	K	W	Keyseat	D	E	F	K	W	Keyseat
	INCHES																	
36	6	31 3/4	37 1/2	63 1/2	5 1/8	1 1/2 x 3/4	8	32 3/4	40 1/2	65 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4	8	32 3/4	40 1/2	65 1/2	7	1 1/2 x 3/4
42	6	34 3/4	40 1/2	69 1/2	5 1/8	1 1/2 x 3/4	8	35 3/4	43 1/2	71 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4	8	35 3/4	43 1/2	71 1/2	7	1 1/2 x 3/4
48	6	37 3/4	43 1/2	75 1/2	5 1/8	1 1/2 x 3/4	8	38 3/4	46 1/2	77 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4	8	38 3/4	46 1/2	77 1/2	7	1 1/2 x 3/4
60	6	43 3/4	49 1/2	87 1/2	5 1/8	1 1/2 x 3/4	8	44 3/4	52 1/2	89 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4	8	44 3/4	52 1/2	89 1/2	7	1 1/2 x 3/4
72	6	49 3/4	55 1/2	99 1/2	5 1/8	1 1/2 x 3/4	8	50 3/4	58 1/2	101 1/2	6 1/2	1 1/2 x 3/4	8	50 3/4	58 1/2	101 1/2	7	1 1/2 x 3/4

Apron width A, inches	L	N			P	Q	T	V	Y	Z	H	Maximum weight at minimum shaft centers, pounds	Additional weight per foot of centers, pounds
		Skirt height B											
		18	24	30									
INCHES													
36	4 1/4	35 1/2	41 1/2	47 1/2	12 3/4	31	26	19 1/2	19 1/2	18 3/4	7 1/2	12,645	870
42	4 3/4	35 1/2	41 1/2	47 1/2	12 3/4	31	26	19 1/2	19 1/2	18 3/4	7 1/2	14,115	930
48	4 1/2	35 1/2	41 1/2	47 1/2	12 3/4	31	26	19 1/2	19 1/2	18 3/4	7 1/2	15,150	1020
60	4 3/4	35 1/2	41 1/2	47 1/2	12 3/4	31	26	19 1/2	19 1/2	18 3/4	7 1/2	17,925	1250
72	5 1/4	35 1/2	41 1/2	47 1/2	12 3/4	31	26	19 1/2	19 1/2	18 3/4	7 1/2	21,850	1620

Have dimensions certified for installation purposes

## Special apron feeders

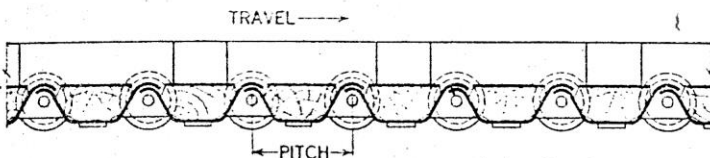


Fig. 4587

Heavy duty feeder design, adapted to long shaft centers. Steel pans with cushioning liners, adapted to handling large jagged lumps, are mounted on pressure-lubricated center-roller type chains. T-rails support the chain rollers and the central wearing shoes at the loading zone.

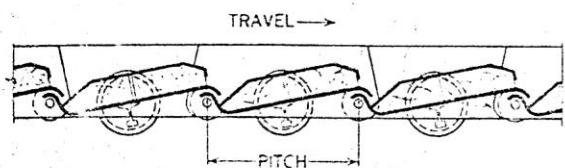
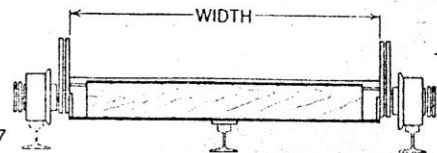


Fig. 4588

Feeder designed for inclined installations. Shape of pans forms a series of ledges which offer resistance to sliding of material downward when conveyor is operated on a slope. T-rails welded to the pan bottoms add stiffness and resist impact by sliding on the intermediate supports at the loading point.

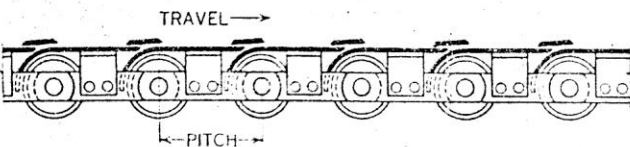
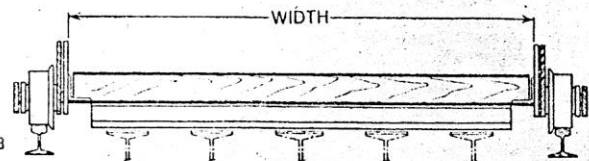


Fig. 4589

Heavy duty feeder designed for horizontal installations where long loading openings are required. Apron consists of heavy flat pans, reinforced by cross angles, mounted on Class SS steel bushed roller chain. T-rails support the chain rollers and the pans at the loading zone.

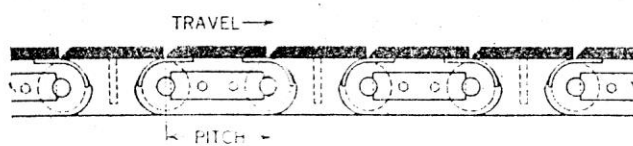
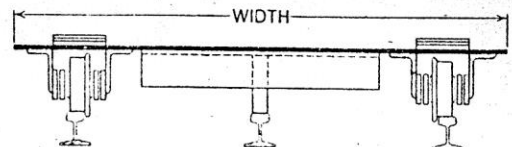
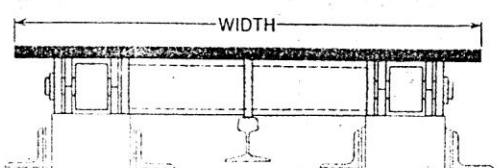


Fig. 4590

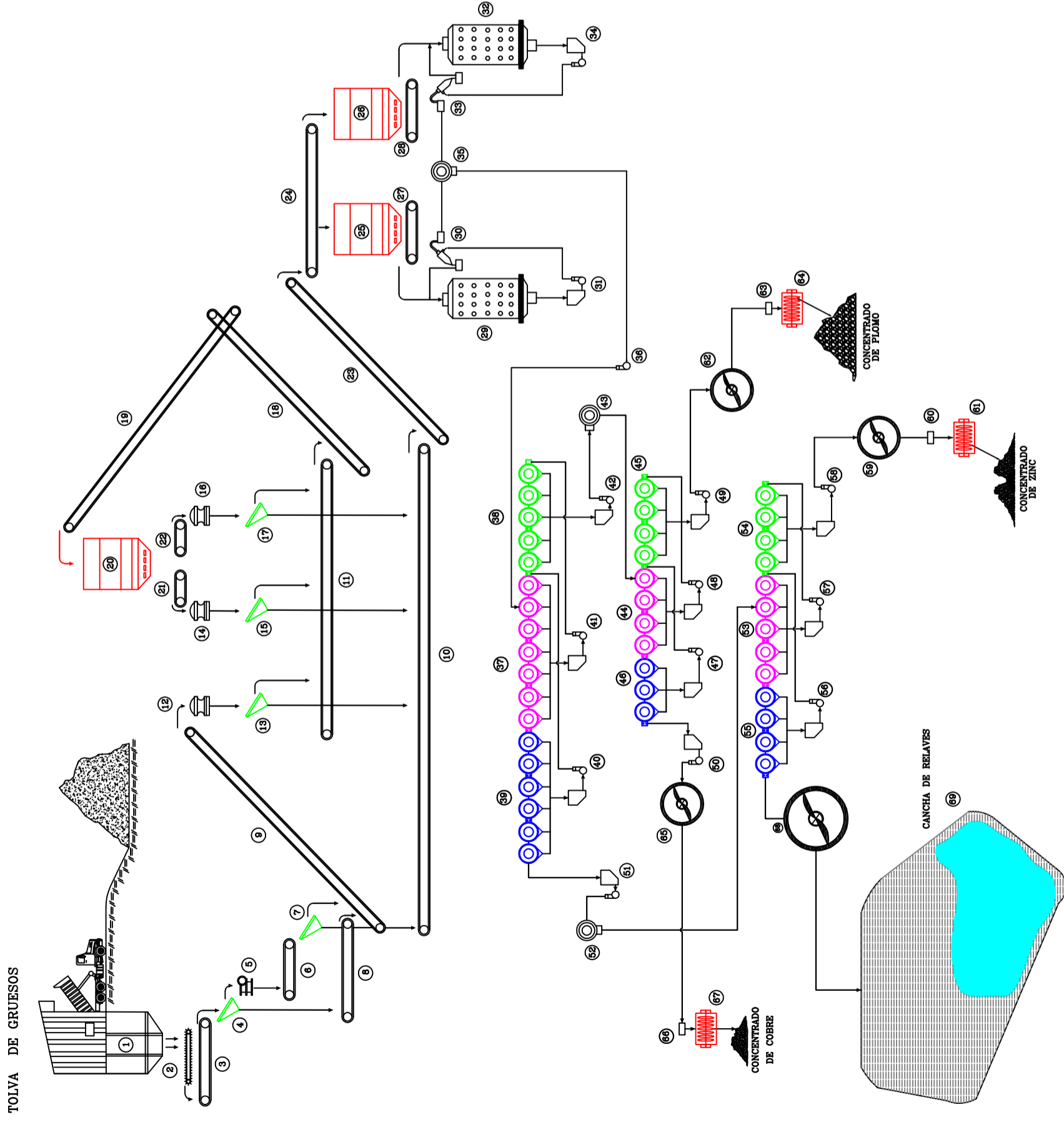
Feeder designed for severe service, such as where rock is dropped a considerable distance. 3/4" to 1 1/2" thick pans are mounted directly on sidebars of extra heavy Class SS bar link chain. Chains ride on stationary rollers. Intermediate pan supports slide on T-rail at the loading point.



## Bibliografía

[1] LINK-BELT, Apron Feeder, CATALOG 1000, 1958, pág. 87

# FLOW SHEET PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE, PLOMO Y ZINC CON UNA CAPACIDAD DE 4800 TMPD



## LEYENDA

CIRCUITO DE CHANCADO	
1	TOLVA DE GRUESOS
2	APRON FEEDER
3	FAJA TRANSPORTADORA N°1
4	ZARANDA N°1
5	CHANCADORA DE OJAJADA
6	FAJA TRANSPORTADORA N°2
7	ZARANDA N°2
8	FAJA TRANSPORTADORA N°3
9	FAJA TRANSPORTADORA N°4
10	FAJA TRANSPORTADORA N°5
11	FAJA TRANSPORTADORA N°6
12	CHANCADORA CONICA N°1
13	ZARANDA N°3
14	CHANCADORA CONICA N°2
15	ZARANDA N°4
16	CHANCADORA CONICA N°3
17	ZARANDA N°5
18	FAJA TRANSPORTADORA N°7
19	FAJA TRANSPORTADORA N°8
20	TOLVA DE MEDIOS
21	FAJA TRANSPORTADORA N°9
22	FAJA TRANSPORTADORA N°10
23	FAJA TRANSPORTADORA N°11
24	FAJA TRANSPORTADORA N°12
25	TOLVA DE FINOS N°1
26	TOLVA DE FINOS N°2
CIRCUITO DE MOLIENDA	
27	FAJA TRANSPORTADORA N°13
28	FAJA TRANSPORTADORA N°14
29	MOLINO DE BOLAS N°1
30	NIDO HIDROCIKLONES N°1
31	BOMBA CENTRIFUGA
32	MOLINO DE BOLAS N°2
33	NIDO HIDROCIKLONES N°2
34	BOMBA CENTRIFUGA
CIRCUITO DE FLOTACION	
FLOTACION BULK PLOMO-COBRE	
35	ACONDICIONADOR N°1
36	BOMBA CENTRIFUGA
37	CELDA ROUGHER I
38	CELDA CLEANER I
39	CELDA SCAVENGER I
40	BOMBA CENTRIFUGA
41	BOMBA CENTRIFUGA
42	BOMBA CENTRIFUGA
CIRCUITO DE SEPARACION Pb - Cu	
43	ACONDICIONADOR N°2
44	CELDA ROUGHER II
45	CELDA CLEANER II
46	CELDA SCAVENGER II
47	BOMBA CENTRIFUGA
48	BOMBA CENTRIFUGA
49	BOMBA CENTRIFUGA
50	BOMBA CENTRIFUGA
CIRCUITO DE FLOTACION Zn	
51	BOMBA VERTICAL
52	ACONDICIONADOR N°3
53	CELDA ROUGHER III
54	CELDA CLEANER III
55	CELDA SCAVENGER III
56	BOMBA CENTRIFUGA
57	BOMBA CENTRIFUGA
58	BOMBA CENTRIFUGA
CIRCUITO DE ESPESAMIENTO Y FILTRADO	
ZINC	
59	ESPESADOR
60	BOMBA DIAFRAGMA
61	FILTRO DE PLACAS
PLOMO	
62	ESPESADOR
63	BOMBA DIAFRAGMA
64	FILTRO DE PLACAS
COBRE	
65	ESPESADOR
66	BOMBA DIAFRAGMA
67	FILTRO DE PLACAS
RELAVES	
65	ESPESADOR
66	CANCHA DE RELAVES

ESCALA :	FECHA
5/E	MAR-16
DISEÑADO : C.HERRERA	MAR-16
DIBUJADO : C.HERRERA	MAR-16
REVISADO : C.HERRERA	MAR-16
APROBADO : C.HERRERA	MAR-16

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA  
DEL PERU

FLOW SHEET PLANTA CONCENTRADORA  
DE COBRE, PLOMO Y ZINC CON UNA  
CAPACIDAD DE 4800 TMPD

001-PG
PLANO N°
001
REV.
0

## ANEXO B

### DIMENSIONAMIENTO DE ZARANDAS

#### CALCULO DE LA EFICIENCIA

$$E = \left[ \frac{(f - r) \times 10000}{(100 - r) \times f} \right] \quad (1)$$

Donde:

E = Eficiencia

f = Porcentaje de partículas menores a la abertura de malla en la alimentación.

r = Porcentaje de partículas menores a la abertura de malla en el rechazo.

#### CALCULO DEL TONELAJE EN EL TAMIZADO (Undersize)

$$U = \frac{E \times f \times F}{10000} \quad (2)$$

Donde:

U = Tonelaje del tamizado, en ton/h

f = Porcentaje de partículas menores a la abertura de malla en la alimentación.

F = Tonelaje de alimentación, en ton/h

#### CALCULO DEL TONELAJE EN EL RECHAZO (Oversize)

$$O = F - U \quad (3)$$

Donde:

O = Tonelaje en el rechazo, en ton/h

F = Tonelaje de alimentación, en ton/h

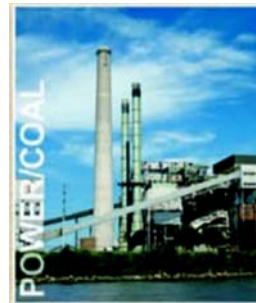
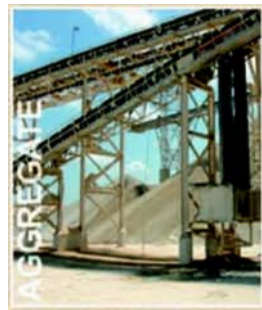
U = Tonelaje del tamizado, en ton/h

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Egas, J. Angel, Evaluación de Plantas Concentradoras, 1<sup>ra</sup> Edición, Perú, 1985, Capitulo III, p. 22.

# BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS

Prepared by the Engineering Conference of the  
CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION



# CONTENIDO

---

## Capítulo 1 1

---

### Aplicaciones y Costos de la faja transportadora en General

- Transporte de una variedad de materiales.
- Amplia gama de capacidades.
- Adaptabilidad al terreno.
- Angulo de inclinación de transporte.
- Carga, descarga, y capacidades de almacenamiento
- Funciones del proceso.
- Confiabilidad y disponibilidad.
- Ventajas Ecológicas.
- Seguridad.
- Menores costos de trabajo.
- Menores costos de potencia.
- Menores costos de mantenimiento.
- Transporte a larga distancia.

## Capítulo 2 21

---

### Consideraciones de Diseño

- Arreglos de transportadores
- Resúmenes de los Capítulos 3 al 14

## Capítulo 3 31

---

### Las características y Transportabilidad de los Materiales a Granel

- Características de los materiales.
  - Comportamiento de los materiales sobre la faja en movimiento;
  - Efecto de pendientes y declives; Clasificación de los Materiales

## Capítulo 4 43

---

### Capacidades, Anchos y Velocidades de Faja

- Anchos de faja.
- Consideraciones del tamaño de trozo.
- Velocidades de faja.
  - Máximas velocidades generales recomendadas para materiales específicos
- Capacidades de la faja transportadora.
- Areas de carga de fajas acanaladas.
- Areas de carga de faja planas.
- Tablas de capacidad y su uso.

---

**Arreglos para Faja Transportadora**

Requisitos y clasificaciones.  
Tipos generales de arreglos de faja transportadora.  
Rodillos de transporte abarquillado;  
Rodillo de impacto,  
Rodillos Guía  
Rodillos suspendidos,  
Rodillo de retorno;  
Rodillo doble de retorno en "V"  
Espaciamiento de rodillos  
Selección de rodillos  
Clasificación de los rodillos  
Alineamiento de la faja.

---

**Tensión de faja, Potencia, y Sistema de Transmisión**

Requerimientos Básicos de Potencia.  
Cálculos de tensión de faja.  
Fórmula de Potencia CEMA.  
Relaciones de la polea motriz.  
Arreglos de Transmisión.  
Tensiones de la faja máximas y mínimas.  
Relaciones de tensión y flecha de faja entre rodillos.  
Fuerzas de aceleración y desaceleración.  
Análisis de fuerzas de aceleración de desaceleración.  
Consideraciones de diseño  
Determinación de la potencia del transportador - Método gráfico.  
Ejemplos del Calculo de la tensión de la faja y potencia - 6 problemas.  
Equipo de transmisión en Fajas Transportadoras.  
Antirretornos.  
Frenos.  
Combinación de Frenos y Antirretornos.  
Dispositivos para aceleración, desaceleración, y control de torque.  
Determinación del requerimiento de freno (cálculos de desaceleración).

---

**Selección de la Faja**

Factores en la Composición de la Faja Transportadora.  
Cubiertas,  
Valores de Adhesión,  
Armazón de la Faja;  
Disyuntores  
Grados de Fajas Transportadoras y sus Usos.  
Empalmes de la Faja Transportadora.  
Fajamiento Vulcanizado vs. Mecánico;  
Condiciones de Servicio Aplicables  
Selección de Faja Transportadora.  
Tensión;  
Abarquillamiento;



Consideraciones de Polea;  
Soporte de Carga;  
Resistencia al Impacto;  
Consideraciones de la Cubierta;  
Consideraciones de Carga;  
Consideraciones Económicas

## Capítulo 8

199

---

### Poleas y ejes

Poleas para Transportador .  
Montajes;  
Tipos de Polea;  
Poleas Estándar de Tambor;  
Poleas Estándar de Aleta;  
Poleas Pesadas de Minas;  
Poleas Diseñadas;  
Sobrecarga;  
Diámetros;  
Ancho de superficie;  
Bombeamiento; Pesos

Revestimiento  
Espesor y Fijación;  
Dureza;  
Moldeado;  
Aplicaciones de Alta Tensión

Sistema de Ejes  
Materiales;  
Carga Radial Resultante,  
Selección;  
Esfuerzo;  
Deflexión

## Capítulo 9

213

---

### Curvas verticales

Las curvas verticales cóncavas.  
El diseño;  
La construcción gráfica;  
Las precauciones para el diseño

Las curvas verticales convexas.  
El diseño;  
El espacio más ocioso,  
El Uso de poleas de la curvatura,

## Capítulo 10

231

---

### Transporte a Ángulos Empinados

Limitaciones de Pendiente con Transportadores Convencionales.  
Fajas Moldeada Hendida.  
Fajas Tipo Gran Hendidura/Aleta Grandes.  
Fajas de Capacho.

Fajas Totalmente Encerradas.  
Fajas del bocadillo.

## Capítulo 11

249

### Tensores de Faja, Limpiadores, y Accesorios

---

#### Tensores de Faja.

Estiramiento de la faja;  
Movimiento del Tensor,  
Tensor Manual;  
Tensor Automático.

#### Dispositivos de Limpieza.

Tipos de limpiadores de faja;  
Ubicación de Limpiadores de Faja;  
Esquema de Vuelta de Faja;  
Limpiadores de polea;  
Limpiadores del Tramo de Retorno

#### Equipo de Accesorios.

Protección contra la Intemperie;  
Protección contra el Derrame;  
Detectores de Fragmentos Extraños de Acero;  
Balanzas;  
Dispositivos de Muestreo

## Capítulo 12

265

### La Carga transportador y Descarga

---

#### Cargando la faja.

La dirección de cargar  
Desplazamiento de la faja Transverso  
Cargando una faja transportadora inclinado,  
Impacto en el punto cargante

#### Las cascadas cargantes y skirtboards.

#### Los alimentadores.

#### Los métodos de descarga de la faja.

Las poleas de encima del extremo de descarga  
Las cascadas de la Descarga  
Las cascadas amenazadoras

#### Los volteadores.

#### Los arados.

#### Descargue las trayectorias.

Calculando y trazando las trayectorias materiales normales  
Horizontal, inclinado, y rechazó las trayectorias de la faja transportadora

## Capítulo 13

307

### Motores y Mandos

---

#### Selección de motor .

#### Características de Torque.

#### Arranque por Voltaje Reducido.

#### Tiempo de Aceleración y Frecuencia del Arranque.

#### Freno Regenerativo.

#### Motores de Rotor Devanado.

**Aconamientos Variadores de Velocidad.**  
**Condiciones Ambientales y Elevacion de la Temperatura.**  
**Cubierta del Motor.**  
**Enclavamiento Eléctrico.**  
**Control Computarizado y Multiplexing.**

## **Capítulo 14**

**325**

---

### **Operación, Mantenimiento y Seguridad**

**Operación.**  
**Mantenimiento.**  
**Seguridad.**

**Guía para Mantenimiento y Operación Segura**

## **Capítulo 1**

---

# **Aplicaciones y Costos de la faja transportadora en General**

### **Contenido**

- Transporte de una variedad de materiales.**
- Amplia gama de capacidades.**
- Adaptabilidad al terreno.**
- Angulo de inclinación de transporte.**
- Carga, descarga, y capacidades de almacenamiento**
- Funciones del proceso.**
- Confiabilidad y disponibilidad.**
- Ventajas Ecológicas.**
- Seguridad.**
- Menores costos de trabajo.**
- Menores costos de potencia.**
- Menores costos de mantenimiento.**
- Transporte a larga distancia.**

El tema de fajas transportadoras es de interés primordial para todos los ingenieros, gerentes, y otros que son responsables en la selección del equipo para manejar materiales a granel. Este libro es principalmente un manual del diseño, pero el Capítulo 1 es incluido para dar a conocer al lector los muchos usos de las fajas transportadoras y sus ventajas bajo condiciones de funcionamiento ampliamente variadas.

Las fajas transportadoras han logrado una posición dominante transportando los materiales a granel, debido a ventajas inherentes tales como su economía y seguridad de funcionamiento, fiabilidad, versatilidad, y el rango prácticamente ilimitado de capacidades. Además, son convenientes para realizar las numerosas funciones del proceso en relación con su propósito normal de proporcionar un flujo continuo de material mientras funciona. Recientemente, su conformidad a los requisitos medioambientales ha mantenido un incentivo extenso para la selección de fajas transportadoras por encima de otros medios de transporte.

Los requisitos de trabajo y energía bajos son fundamentales con las fajas transportadoras en comparación con otros medios de transporte. El aumento dramático en los costos de operación luego de la crisis del petróleo de los años setenta ha colocado a los transportadores en una posición sumamente favorable para aplicaciones que no fueron consideradas previamente.

Los fabricantes de fajas transportadoras se han anticipado a las necesidades de la industria de forma consistente con mejoras en los diseños y con componentes que han excedido todos los requerimientos conocidos. La fiabilidad y, las seguridades son ahora excelentes debido a que las fajas disponibles son más resistentes y durables, así como las partes mecánicas grandemente mejoradas y mandos eléctricos, dispositivos de seguridad muy sofisticados.

Se ilustran y describen en este capítulo algunas de las ventajas de las fajas transportadoras que realizan una amplia variedad de funciones al interior de la planta, mejor y/o de la manera más innovadora posible con otros medios de transporte de los materiales a granel. También se incluyen ejemplos de sistemas de faja transportadora de distancia relativamente larga que están usándose extensivamente porque combinan los importantes beneficios tales como la fiabilidad, seguridad, y el bajo costo por tonelada de material transportada.

### **Transporte de una Variedad de Materiales**

---

El tamaño de materiales que pueden llevarse está limitado por el ancho de la faja. Los materiales pueden ser desde muy finos, polvo químico, a grandes tamaños, mineral, piedra, carbón o leños de madera aterronados. Vea la Figura 1.1. donde materiales estrechamente medidos o friables son llevados con inclinación mínima. Debido a que las fajas de caucho son muy resistentes a la corrosión y abrasión, los costos de mantenimiento son comparativamente menores al manejar materiales muy corrosivos o que son sumamente abrasivos, como la alúmina y los materiales sinterizados.

Materiales que podrían adherirse o pegarse por otros medios son manejados a menudo con éxito en las fajas transportadoras. Incluso los materiales calientes como arena de fundición, coque, materiales sinterizados, y gránulos de mineral de hierro son transportados con éxito.

### **Amplia gama de capacidades**

---

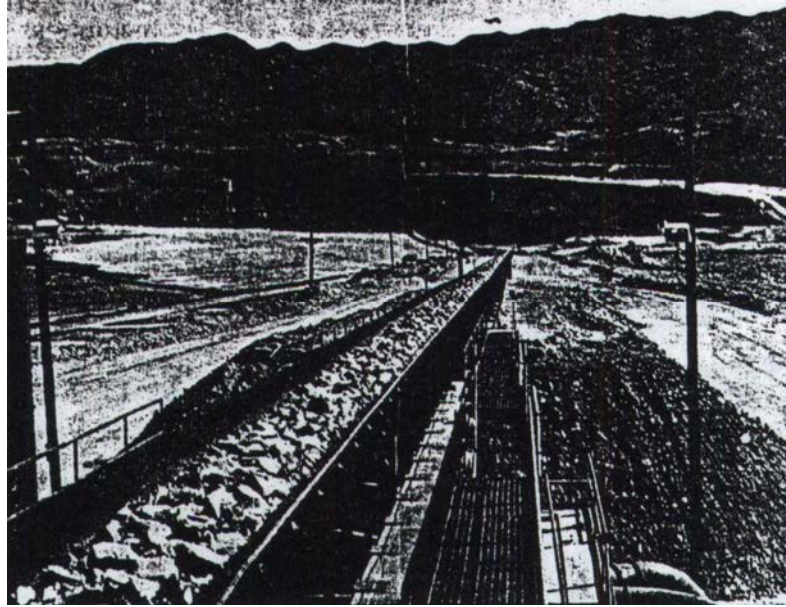
Las fajas transportadoras actualmente disponibles son capaces de manejar capacidades horarias que exceden cualquier requisito práctico. Vea la Figura 1.2. Aunque también se usan económicamente en plantas para transportar materiales entre unidades del proceso en una gama amplia de proporciones algunas veces tan pequeñas como un chorrillo.

Las fajas transportadoras operan continuamente el tiempo y los días necesarios cuando se requiere, sin pérdida de tiempo, cargar y descargar o vaciar tramos de retorno. El programación del tiempo y despachado son innecesarios porque el material se carga y descarga automáticamente de la faja transportadora. Los costos de

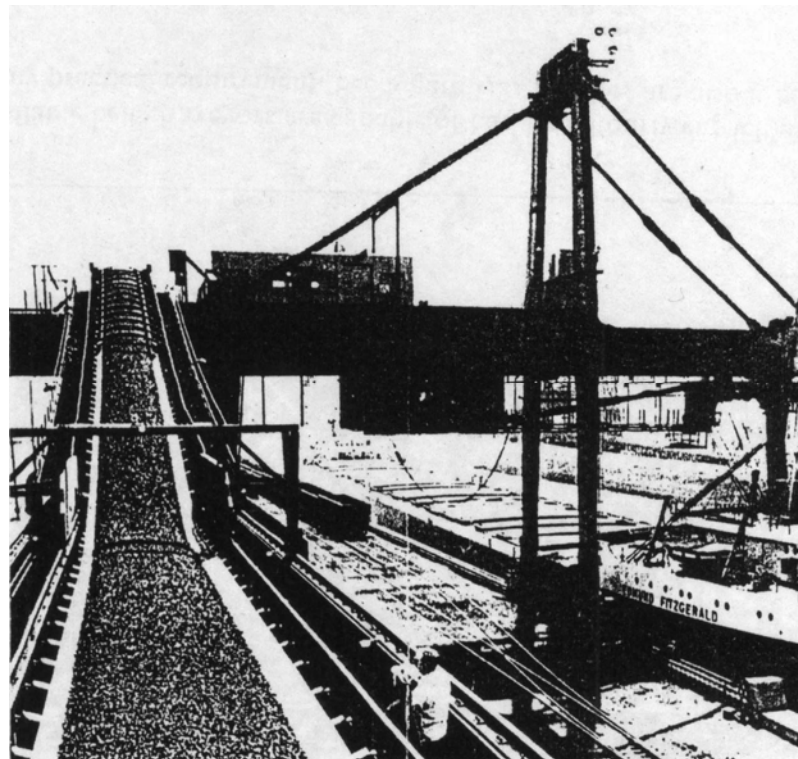
operación difieren poco, sin tener en cuenta los rangos de capacidad. Los costos globales por tonelada disminuyen dramáticamente, sin embargo, cuando el tonelaje anual manejado aumenta. Tales consideraciones económicas son ilustradas después en este capítulo.

Por estas razones, las fajas transportadoras son capaces de manejar toneladas de materiales a granel que serían más costosos y a menudo menos práctico de transportar por otros medios.

*Figura 1.1. Transportador de 60 pulgadas llevando grandes trozos de materiales abrasivos en pendiente*



*Figura 1-2. Transportador de 96 pulgadas de gran capacidad para facilitar la carga de carbón de piedra.*

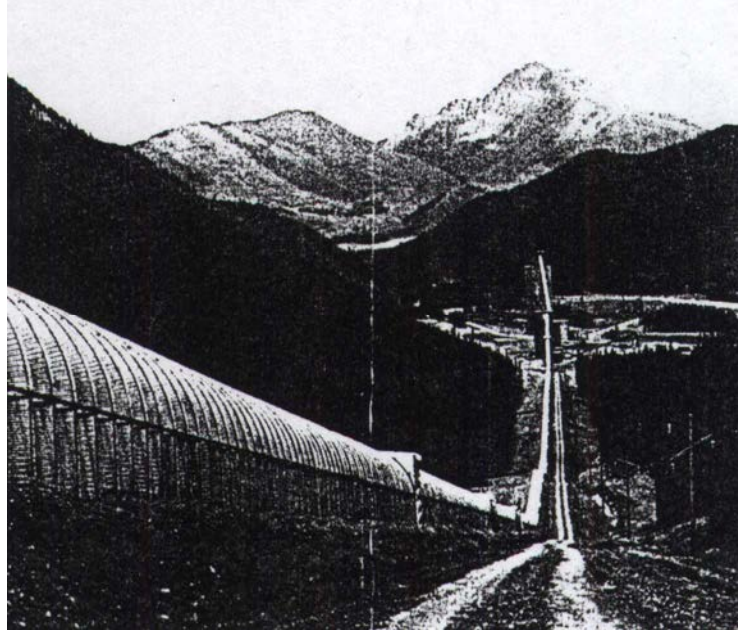


## Adaptabilidad al terreno

---

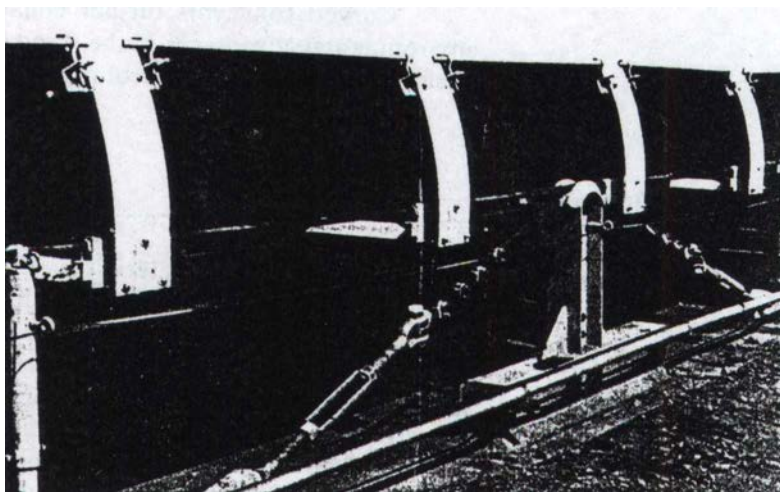
Los sistemas de la faja transportadora proporcionan los medios de transportar los materiales vía la distancia más corta entre los puntos de carga y descarga. Ellos pueden seguir el terreno existente en las inclinaciones de 30 a 35%, comparadas con las de 6 a 8% ,límites efectivos para el transporte de camión. Vea la Figura 1.3. Pueden proporcionarse con estructuras que previenen el escape de polvo a la atmósfera circundante y son protectores del ambiente. Tales estructuras son económicas y son adaptables a requisitos especiales. Vea la Figura 1.4 y 1.5. Las fajas transportadoras proporcionan un flujo continuo de material mientras evitan la confusión, retrasos, y riesgo de seguridad del ferrocarril y el tráfico en las plantas y otras áreas congestionadas.

*Figura 1-3. Transportador regenerador bajando carbón de piedra a través de un terreno existente en tramo recto desde la mina.*



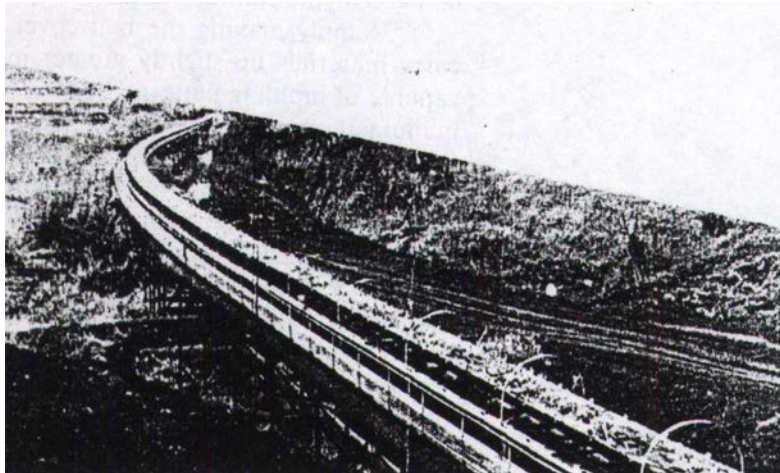
Las rutas de viaje pueden ser bastante flexibles, y la longitud de las rutas pueden extenderse repentinamente, como sea requerido. En algunas operaciones mineras de tajo abierto transportadores de miles de pies de largo tramos son intercambiados lateralmente en la plataforma para seguir el progreso de excavación en la superficie.

*Figura 1-4. Cobertura de metal corrugado sobre la faja proporcionando protección contra el clima y el medio ambiente*



La tecnología ha avanzado substancialmente en el diseño y aplicación de fajas transportadoras con curvas horizontales. Como la longitud total de un transportador aumenta, hace que probable que se requieran estaciones de transferencia para evitar algún obstáculo en su recorrido lineal recto. Las curvas horizontales eliminan las restricciones del transportador de línea recta y reducen sus costos de instalación y operación (Fig. 1.5.).

*Figura 1-5. Transportador en curva horizontal siguiendo el terreno natural.*



Los transportadores con curvas horizontales usan fajas transportadoras abarquilladas convencionales y componentes normales. La faja cargada y vacía pasa a través de los tramos de conducción y retorno de la curva horizontal, a falta de equilibrio, mediante una su elevación extra de los rodillos. Las curvas horizontales también pueden combinarse con las verticales convexas y/o cóncavas, para ajustar el transportador a la alineación del contorno más económica.

Los transportadores curvos realzan más la fiabilidad, disponibilidad y ventajas medioambientales de la faja transportadora standard eliminando la infraestructura y requisitos de control de polvo en las estaciones del transferencia.

### **Angulo de inclinación de transporte**

---

Las características de materiales a granel tales como la densidad, ángulo efectivo de fricción interior, tamaño del trozo y forma, son todos los factores que indican el ángulo de inclinación máximo con el cual, el material puede ser transportado por la faja transportadora standard sin tener que rodar o resbalar sobre la faja. En capítulo 3, la Tabla 3-3 lista los límites de inclinación máximos que los transportadores convencionales pueden tener al llevar los distintos materiales a granel con seguridad. Estos ángulos máximos generalmente van de 10 - 18 grados dependiendo del material a granel. Los recientes desarrollos aumentan este ángulo de inclinación debido al recorrido flexible que las fajas transportadoras standard pueden lograr ahora.

Simplemente, haciendo las cubiertas de faja irregulares se aumentará su capacidad para llevar materiales a inclinaciones ligeramente mayores con la mayoría de fabricantes de modelos de faja con espesores de ¼" a 1-3/8" en la cubierta superior. Los fabricantes de fajas quieren sin embargo, para algunos materiales, que sólo aumente las recomendaciones de inclinación máxima a cinco grados por encima de la cubierta de la faja plana. Los soportes más grandes pueden estar conformadas en caliente o frío unido, o mecánicamente sujetos en la cubierta superior después de la fabricación. Estos grande soportes permiten que el ángulo de transporte aumente aproximadamente 45 grados. La capacidad de transporte disminuye rápidamente con el incremento del ángulo. Los soportes de faja están disponibles en varias medidas, formas y configuraciones, permitiendo a la mayoría de las fajas correr tanto en una posición abarquillada como plana. Las fajas con abrazadera son usualmente restringidas para transportadores cortos donde algunos o ningún rodillo de retorno sea necesario y/o el material no se pega a la superficie o donde la devolución es aceptable.

Para mejorar en el aprovechamiento del soporte, pueden agregarse paredes laterales corrugadas al soporte transversal de la faja para formar los compartimentos rectangulares completos. Estas paredes laterales y la



estructura rígida transversal de la faja permiten que corra en forma llana sin rodillos abarquillados. Las paredes laterales también aumentan la capacidad de transporte de carga en comparación con los diseños de soporte sólo y permiten llevar la carga a ángulos mayores de 90 grados.

Una familia de transportadores conocida como "cañería" o transportadores de "tubo", fajas con "pliegue", y fajas "suspendidas" que encierran totalmente el material con la faja aumentando el ángulo permisible de inclinación. En cada caso, el área interior de la faja encerrada se fija, y por consiguiente es capaz de transportar el material a inclinaciones mayores sólo si el área interior está completamente ocupada con el material. Con ángulos empinados, estos transportadores son incapaces de descargar completamente el extremo de la carga sin que ningún material adicional ascendente lo "empuje" hacia arriba.

Otra familia que usa el principio de faja intercalada totalmente encierra al material y aplica una presión para asegurarla. Esto asegura que ni resbale ni se deslice, incluso al transportarla verticalmente. Los sistemas están disponibles para que sólo usen fajas transportadoras y componentes standard, por consiguiente, tienen una alta disponibilidad y bajo mantenimiento. Estos sistemas permiten que la faja tenga alta velocidad lo que ocasiona altas capacidades.

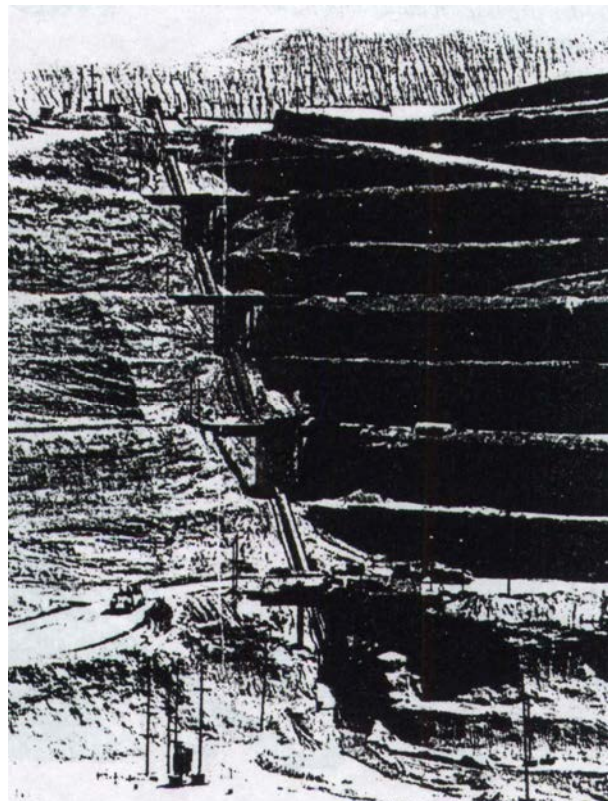
Consulte con los respectivos miembros fabricantes de CEMA de fajas transportadoras a cerca del ángulo de inclinación para más información y aplicaciones específicas.

### **Carga, Descarga, y Capacidades de Almacenamiento**

---

Las fajas transportadoras son muy flexibles en sus capacidades para recibir material de uno o más lugares y para entregarlo a puntos o áreas, requeridas por las rutas de flujo de planta. Pueden proporcionar la arteria de transporte principal mientras la faja se carga en varios puntos (Figura 1.6) o en cualquier lugar a lo largo de su longitud por equipos que proporcionan una alimentación uniforme a la faja (Figura 1.7). Ellos son particularmente útiles en los túneles subterráneos a canchas de almacenamiento, desde los cuales pueden recuperar y, donde sea requerido, mezclar materiales de varios montones (Figura 1.8). El material simplemente puede descargarse encima del extremo de la polea de cabeza de cada transportador (Figura 1.9) o en cualquier parte a lo largo de su longitud por medio de desviadores o volteadores móviles (Figura 1.10).

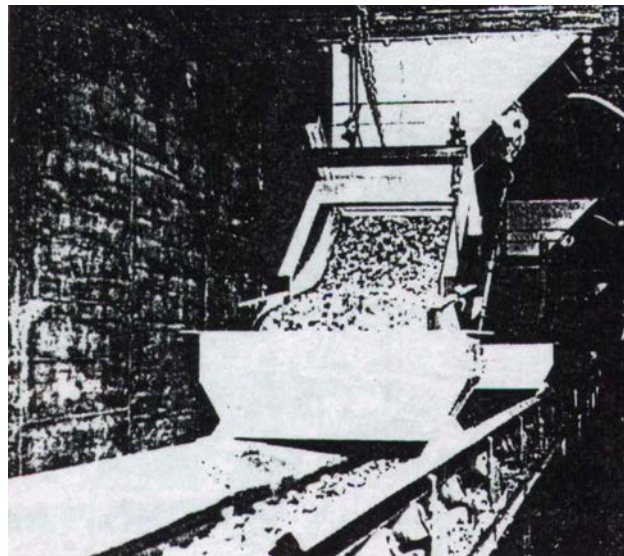
*Figura 1-6. Estaciones múltiples alimentadoras de carga de material a un transportador inclinado en una mina de tajo abierto.*



*Figura 1-7. Tolva montada sobre carriles con alimentador que permite la carga a lo largo de toda la longitud del transportador.*

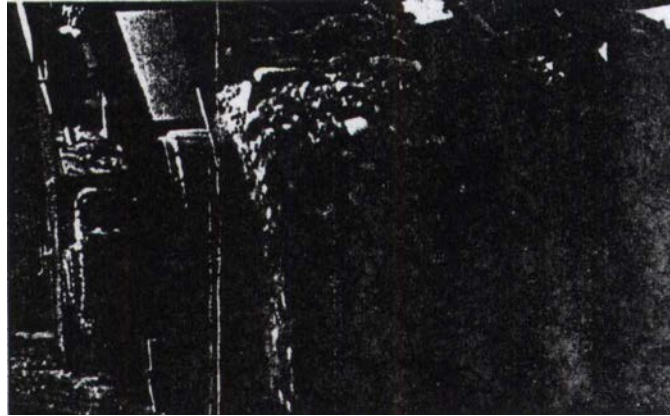


*Figura 1-8. Alimentadores múltiples en túneles subterráneos de canchas proporcionando una recuperación y mezclado eficiente.*



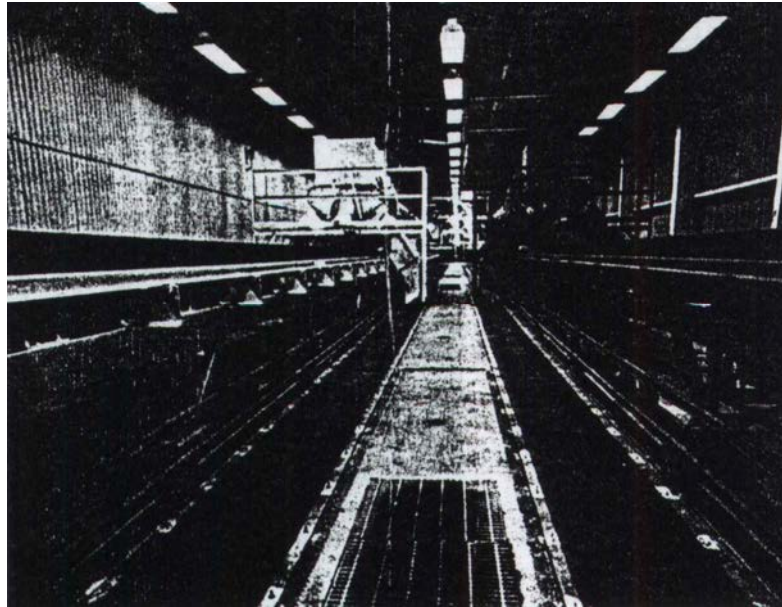
Las fajas transportadoras, con sus apiladoras; y recuperadores, se han vuelto los únicos medios prácticos para el almacenaje a gran escala y la recuperación de materiales a granel como el carbón, mineral, virutas, y gránulos de taconita. Vea Figura 1.11 y 1.12. La combinación apilador-recuperador circular en la Figura 1.12 ilustra la pendiente sobre carriles hasta los terminales de los barcos. Incluso los buques cargueros están provistos con transportadores para llenar y arreglar los espacios de los recipientes en rangos controlados. Vea Figura 1.13.

*Figura 1-9. Descarga del material sobre la polea de cabeza de transportador.*



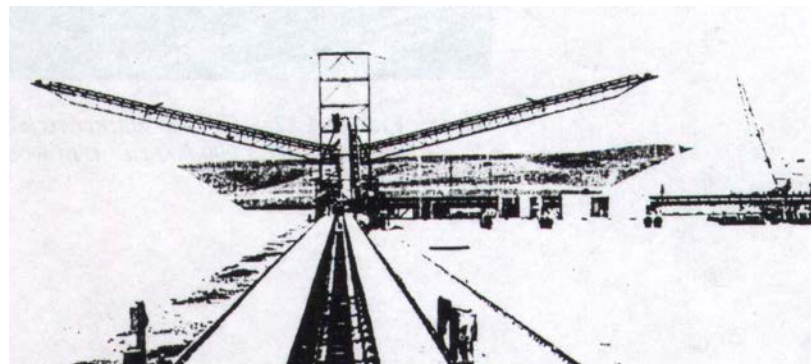
Los barcos de autodescarga y embarcaciones de lago (Figura 1.14) provistas con fajas transportadoras puede descargarse en todos los puertos, incluyendo aquéllos que no tienen equipo de descarga en el muelle (Figura 1.15). Las capacidades de descarga de tales sistemas son normalmente mayores que muchas de las Dragas de descarga de materiales a granel, requiriendo menos tiempo de retorno y costos de trabajo y otras operaciones menores.

*Figura 1-10. Volteadores gemelos accionados distribuyendo carbón de piedra en una planta generadora de energía.*



En contraste con la alta capacidad antedicha de los sistemas de descarga, ciertos materiales, como la arena de fundición, pueden desviarse de la faja (Figura 1.16) en puntos específicos en cantidades controladas por los requisitos de aplicación.

*Figura 1-11. Transportador de doble aguilón descargando en canchas de gran capacidad a cada lado del transportador alimentador.*

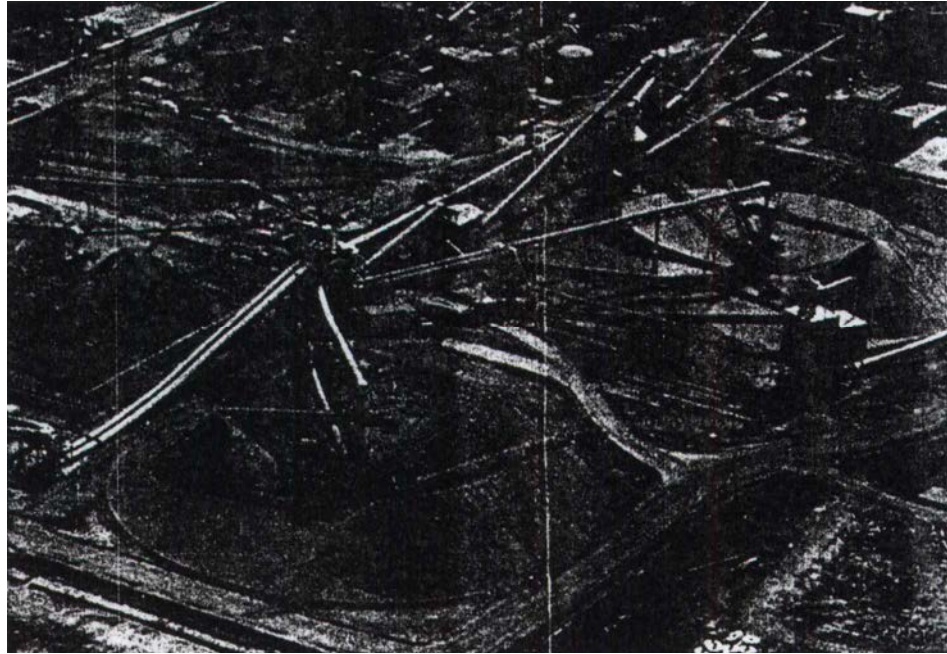


## Las Funciones del proceso

---

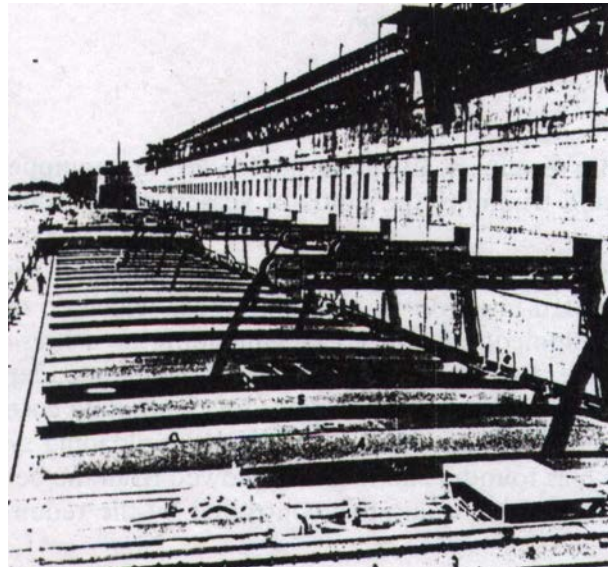
Aunque generalmente se usan las fajas transportadoras para transportar y distribuir los materiales, también se usan con equipo auxiliar para realizar numerosas funciones durante varias etapas del proceso. Un grado alto de mezcla se acompaña en los materiales que descansan en y son recuperadas de canchas de reserva.

*Figura 1-12.  
Transportador de  
aguilón  
recuperador que  
acomoda y  
recupera de forma  
simultánea más de  
3 millones de pies  
cúbicos de viruta de  
madera en una gran  
fábrica de papel.*



Las muestras exactas del material llevado pueden obtenerse por dispositivos que atraviesan el flujo del material desde un transportador al siguiente. Pueden eliminarse objetos magnéticos del material (Figura 1.17). Mientras se transportan en el transportador, también pueden pesarse con precisión y en forma continua además de ordenarse, escogerse, o rociarse (Figura 1.18 y 1.19). En muchos casos, tales operaciones no se realizan de la forma más eficaz estando en contacto con las fajas transportadoras, pero son los únicos medios prácticos.

*Figura 1-13. Transportadores de faja cortos reversibles que cargan y recortan gránulos de taconita dentro de un recipiente de material en los Grandes Lagos.*

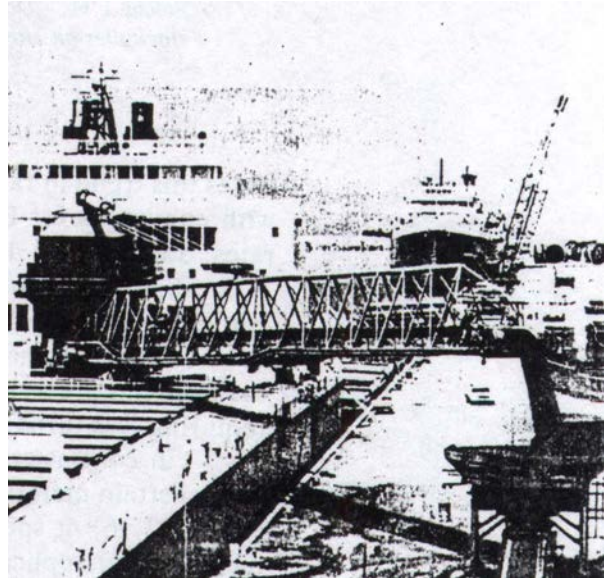


## Confiabilidad y Disponibilidad

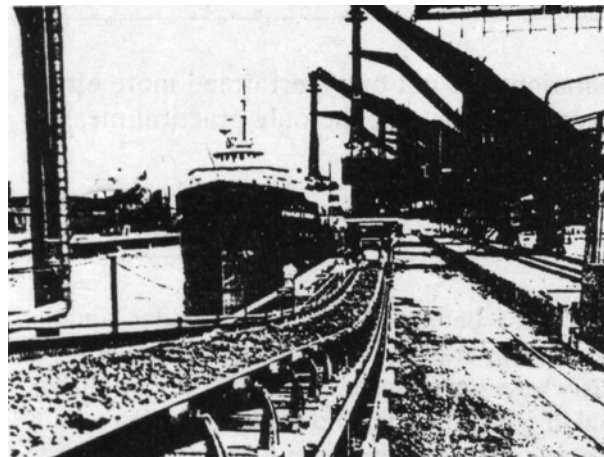
---

La confiabilidad de las fajas transportadoras ha sido probada durante décadas y en prácticamente cada industria. Ellas operan con una confiabilidad absoluta, muchos que sirven a unidades de proceso vitales cuyo éxito depende del funcionamiento continuo, como el manejo del carbón en las plantas de energía, y transportando la materia prima a granel en las siderúrgicas, cementeras, fabricas de papel, y a y desde las embarcaciones en puertos dónde el tiempo de retraso es muy costoso.

*Figura 1-14. Barco de autodescarga con transportador de 78 pulgadas desalojando gránulos de mineral de hierro de 10000 TPH.*



*Figura 1-15. Barcos descargadores montados sobre carriles que alimentan un sistema transportador de 60 pulgadas en una fábrica de acero.*



Las fajas transportadoras se operan al toque de un botón (Figura 1.20), en cualquier momento del día o de la semana. Cuando se requiera, pueden y a menudo operan continuamente, turno tras turno. Pueden alojarse para que ambos, los transportadores y el material transportado, sean protegidos de elementos que impidan el movimiento de camiones y otros medios de transporte.

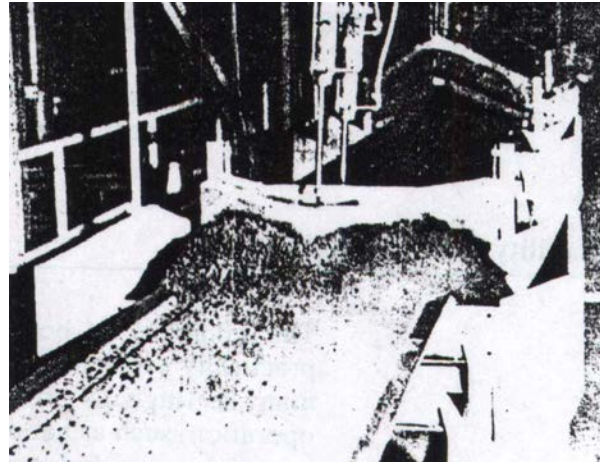
## Ventajas Ecológicas

---

Las fajas transportadoras son ecológicamente más aceptadas que otros medios de transporte de materiales a granel; no contaminan el aire, ni ensordecen. Ellos operan silenciosamente, a menudo en sus propios ambientes que, cuando se desea, puede localizarse en situaciones de confusión y que comprometen la

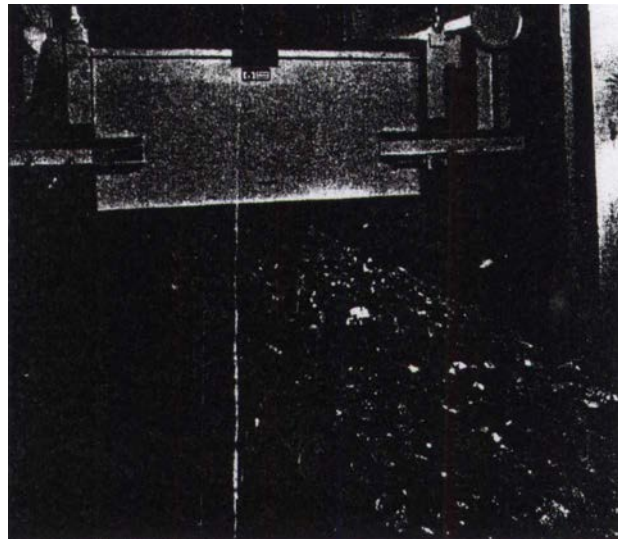
seguridad, en superficies de tráfico o en pequeños túneles fuera del alcance de la vista y el oído. Vea Figura 1.21. Además, no contaminan el aire con polvo o hidrocarburos. En las transferencias, el polvo puede contenerse dentro de los chutes de transferencia o recolectado con el equipo conveniente, si fuera necesario. Finalmente, los sistemas de faja por encima del nivel del suelo pueden diseñarse para adaptarse en el paisaje, produciendo una operación tranquila, silenciosa y libre de polución. Vea Figura 1.22.

*Figura 1-16. Desviador tipo "V" que deriva arena de fundición de un transportador de faja plana.*



Las cubiertas tubulares (Fig. 1.23.) se están convirtiendo en muy populares debido a sus capacidades de tramos largos, rasgos ecológicos, estética y la capacidad de comprarse ensambladas con componentes para reducir los costos de construcción en el campo.

*Figura 1-17. Separador magnético de faja transversal a los dispositivos de autolimpieza.*



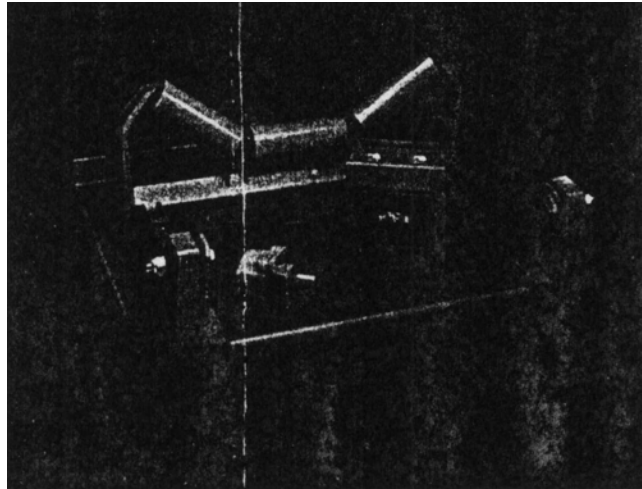
## **Seguridad**

---

Las fajas transportadoras operan con un grado sumamente alto de seguridad. Se requiere poco personal para el funcionamiento y ellos se exponen a menores riesgos que con otros medios de transporte. El material esta contenido en la faja y el personal no se pone en peligro por la caída de trozos o el funcionamiento defectuoso de vehículos de transporte grandes y pesados. Tales vehículos también involucran la obligación pública, si ellos operan en carreteras o en otras áreas accesibles al público. También, los transportadores ofrecen menos riesgos al personal descuidado que es inherente en otros medios de transporte de materiales a granel. Puede

protegerse el propio equipo transportador de la carga excesiva y funcionamiento defectuoso mediante la construcción con dispositivos de seguridad eléctricos y mecánicos.

*Figura 1-18. Báscula de faja con variación exacta de grados que permite un proceso de control e inventario.*



---

### **Menores Costos de Trabajo**

---

Las horas hombre por la tonelada requerida para operar el sistema de fajas transportadoras normalmente son mas que cualquier otro método de transporte de materiales a granel. Como otros dispositivos de poco trabajo, con operaciones altamente automatizadas, las fajas transportadoras tienen bajos costos de operación y proporcionan un mayor retorno de la inversión que los métodos competitivos. La mayoría de las funciones del sistema puede supervisarse por un tablero de mando central o controlado por computadora, mientras dejando un número mínimo de operarios para inspeccionar el equipo y las condiciones de reporte que pueden requerir atención por la sección de mantenimiento.

El tiempo requerido por el personal de mantenimiento también es mínimo. Como se anota debajo con respecto a los costos de mantenimiento, las reparaciones y reemplazos de las partes relativamente pequeñas. se pueden hacer rápidamente en el sitio. Muchas fajas, incluso pueden reemplazarse en uno turno y algunas fajas han llevado valores por encima de las 100,000,000 toneladas antes de ser reemplazadas. Después en este capítulo se ilustran varios ejemplos de sistemas de faja transportadora de grandes distancias en el efecto de los menores costos de trabajo.

---

### **Menores Costos de Potencia**

---

El creciente costo de la energía enfatiza la importancia de la potencia y su relación con el costo por tonelada en el transporte de los materiales a granel. Debido a que las fajas transportadoras funcionan gracias a la energía eléctrica, son menos afectadas por el precio, la escasez, y otras limitaciones del combustible líquido. Además, sólo consumen energía cuando están en funcionamiento. No hay necesidad en los tramos vacíos de retorno o alinear los rodillos para la siguiente carga. En los sistemas de gran longitud los tramos en declive ayudan a menudo a propulsar los tramos inclinados u horizontales. Algunos sistemas transportadores son completamente regeneradores. Vea la Figura 1.3. El costo de la energía para los sistemas transportadores de faja siempre ha contribuido a disminuir sus costos de operación, y esta ventaja se ha incrementado substancialmente con el aumento en el costo de los combustibles líquidos.

---

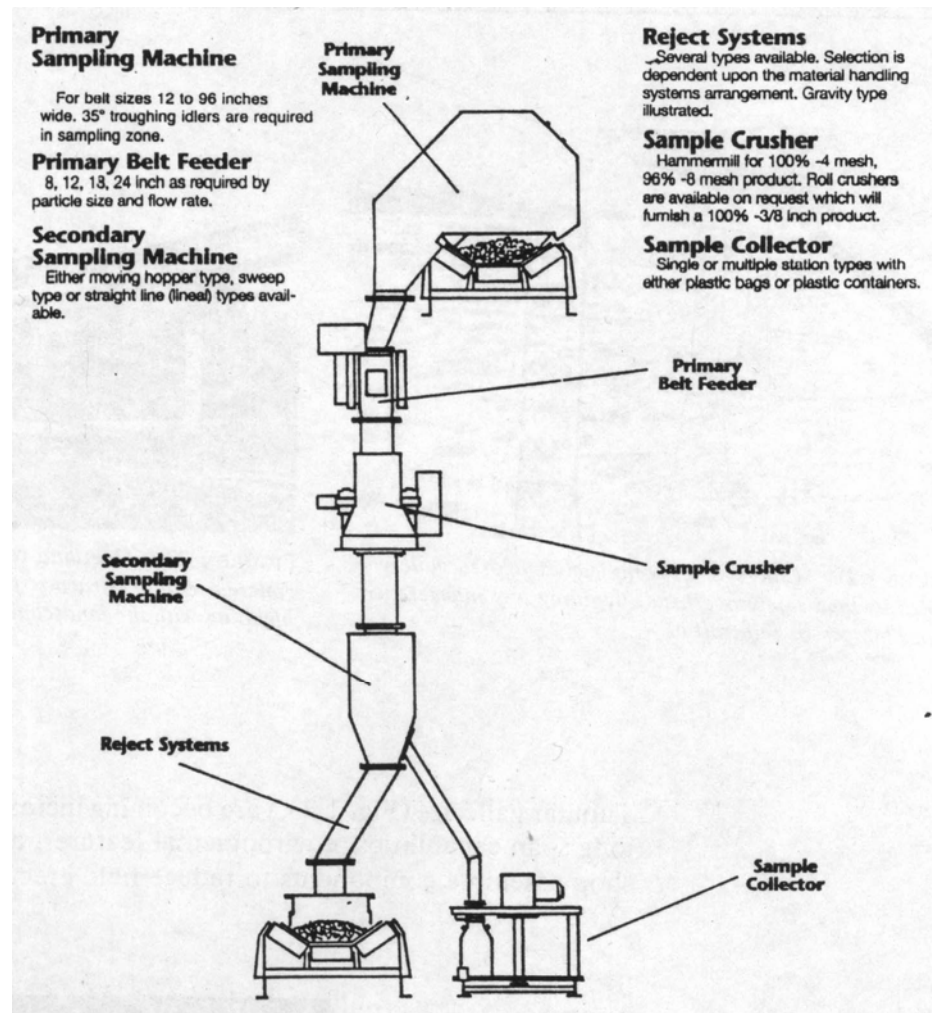
### **Menores Costos de Mantenimiento**

---

Los costos de mantenimiento para las fajas transportadoras son sumamente bajos comparados con la mayoría medios de transporte de materiales a granel. Las vías de apoyo extensas, tales como las que normalmente se

asocian con el transporte en camión, no se requieren. Las partes componentes se guardan y tienen una vida útil mayor en comparación con las de los vehículos motrices. Normalmente, necesitan sólo inspecciones y lubricación programadas. Cualquiera reparación o reemplazo puede realizarse anticipadamente y evitar tiempos fuera de servicio no programados. Las partes son pequeñas y accesibles para que los reemplazos puedan realizarse rápidamente en el sitio y con el equipo de servicio mínimo. También, pueden tenerse inventarios adecuados de partes de repuesto a un costo bajo y requerir un espacio relativamente pequeño para el almacenamiento.

*Figura 1-19. Sistemas de muestreo de varias etapas se usan tanto en configuraciones de faja en línea como cruzada para dar la información del proceso deseado.*



### Transporte a Larga Distancia

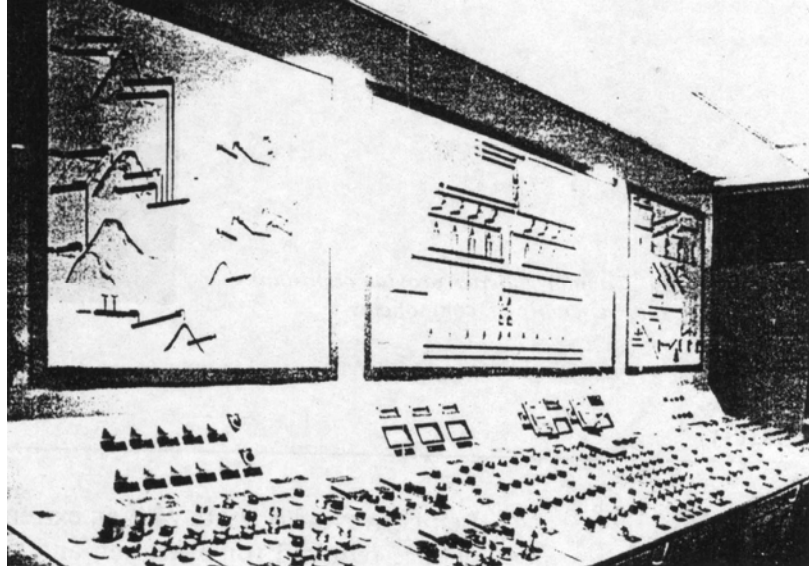
Los beneficios económicos de los bajos costos de operación de trabajo y de energía, así como algunas de las otras ventajas descritas arriba, han llevado a una extensa adopción los sistemas de fajas transportadoras como medios de transporte de materiales a granel para grandes distancias. Estos sistemas no sólo fueron las mejores inversiones en el momento de su instalación, sino que los recientes dramáticos aumentos en los costos de trabajo y en el combustible líquido han reforzado grandemente su valor actual.



## Transportadores de Potencia y Tensiones Altas

Muchos métodos de diseño y soluciones técnicas están fuera del alcance de este manual. El criterio de diseño CEMA en este manual es algo conservador y está basado en muchos ensayos del campo sobre una amplia gama de condiciones de operación para los transportadores de tamaño promedio.

*Figura 1-20. Operador que controla todo el sistema transportador desde un centro de control con paneles de visualización gráfica y consola de botones para presionar.*

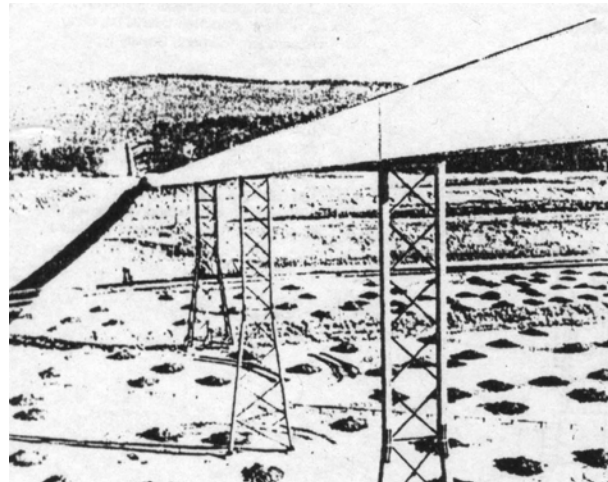


A menudo se requirieron avanzados métodos técnicos para los transportadores de alta potencia y tensión que tienen algunas de las condiciones siguientes:

- Longitud por encima de 3,000 pies
- Curvas Horizontales
- Poleas de cabeza y cola
- Gran altura
- Gran declive con requerimientos de frenado
- Geometría Ondulante

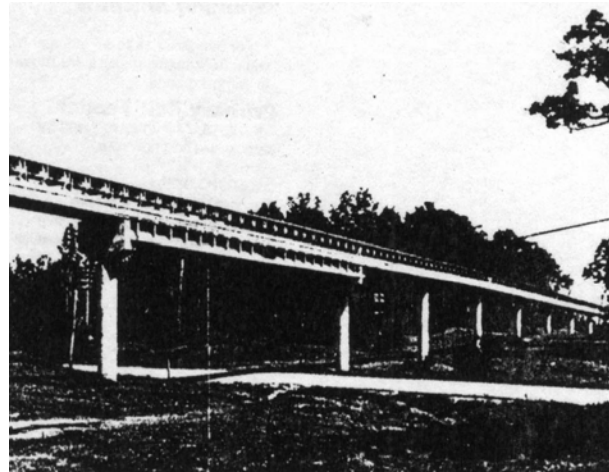
El análisis dinámico y los diseños por computadora, se usan a menudo para evaluar la acción y el mando dinámico para Sistemas de Transportadores de gran extensión, gran altura, y alta potencia.

*Figura 1-21. Transportador totalmente protegido con una cubierta que conduce su carga en elevación de forma segura, superando cualquier interferencia de tráfico de autopista o de vía férrea.*



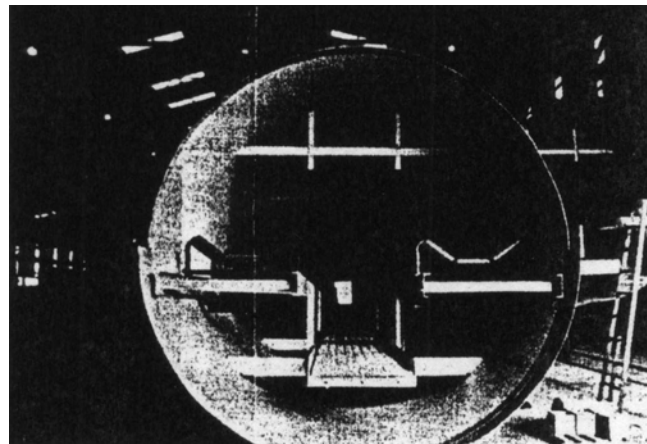
Se recomienda contactar con los miembros de CEMA u otros, cuando coinciden transportadores de esta naturaleza.

*Figura 1-22. Sistema transportador en elevación soportado por una estructura de concreto que le proporciona una apariencia agradable en combinación con el paisaje.*



Un excelente ejemplo del uso de métodos de contabilidad sofisticados para una decisión de inversión se presentó por F. W. Schweitzer and L. G. Dykers. Se basa en las estimaciones de costo apropiadas para un caso específico de condiciones de operación y desarrolla comparaciones en valores actuales, flujos de efectivo anticipado en la inversión, y valores del desarrollo de las ganancias; para un periodo de 10 años.

*Figura 1-23. Cubierta tubular que brinda la oportunidad de optimizar el ensamble de los componentes.*



Para el lector que desea comparar un problema del acarreo particular con este ejemplo, nosotros incluimos el material tabulado y una breve discusión de un método común de contabilidad para este propósito. Las cantidades dadas en dólares se incluyen de forma simple en tablas para esclarecer el procedimiento e ilustrar los efectos de la inflación y la depreciación. No se aplican a condiciones específicas, como tampoco están propuestos para una comparación exacta entre dos métodos del transporte.

Para hacer una verdadera comparación de costos entre dos o más sistemas del transporte, todos los costos referidos a cada sistema debe ser considerados, incluyendo medios auxiliares requeridos para cada sistema. Por ejemplo, pueden requerirse medios trituradores para reducir el tamaño de trozo para el manejo en el transportador de faja, no necesarios para el transporte por remolcador. Recíprocamente, un almacén muy grande con extenso equipo especial se requeriría para una flota de camiones, mientras que para proveer los pequeños componentes de una faja transportadora se necesita solamente equipo relativamente barato. También, debe considerarse el efecto de la inflación y de las inversiones adicionales para los recursos y equipo adicional o de reemplazo.

## Costos Propios y de Operación

Las Tablas 1-1 y 1-2 presentan métodos recomendados para determinar el capital de inversión y los costos anuales propios y de operación para el remolcador y la faja transportadora. Estas tablas muestran los factores más importantes que contribuyen a los costos de cada uno de los dos sistemas. Sin embargo, para una comparación real, los factores se incrementarán o reducirán para adecuarse al proyecto en particular. El propósito de esta discusión es señalar otros artículos que deben ser considerados, diferentes a los costos actuales del remolcador y del transportador, al efectuar una comparación válida.

**Tabla 1-1**  
**Costos de Propiedad y de Operación-Transportador de Faja**

	Gastos Anuales en dólares actuales									
	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Capital de Inversión										
Arreglos de Carga										
Equipo y Estructura del Transportador										
Faja										
Levantamiento del Equipo y de la Estructura										
Cimientos										
Equipo e Instalación Eléctrica										
Preparación del Terreno										
Construcción de Vías de Acceso										
Alumbrado										
Equipo y Taller de Reparación										
Almacén de Partes de Reparación										
Arreglo de Descarga										
Equipo de Mantenimiento para la Vía de Acceso, movimiento del transportador, Limpieza. Etc.										
Costos propios anuales										
Depreciación										
Interés, Impuestos, Seguros										
Costos de operación anuales										
Energía										
Mantenimiento y Reparación de la Instalación del Transportador (trabajo e insumos)										
Mantenimiento del recorrido										
Mantenimiento y Reparación de Equipo Auxiliares										
Trabajo										
Costo Total										

Para considerar los valores de la inflación y de las inversiones adicionales, el formato permite las entradas anuales sobre la vida del proyecto y, por consiguiente, da los costos anuales. Estos valores anuales son importantes en el análisis de los valores actuales, método descrito más adelante, en este capítulo.

Como se mencionó antes, una de las consideraciones en la decisión de inversión es el costo propios y operación por tonelada. El costo anual propio y de operación se determina para cada año durante la vida del proyecto. El costo por tonelada, es entonces determinado, dividiendo el costo propio y de operación por el tonelaje que se espera transportar durante ese año. Es importante notar que las horas anuales de operación tienen un efecto significativo en los resultados del análisis de costos, partiendo de que la frecuencia de reemplazo y la depreciación anual son afectadas directamente.

**Tabla 1-2**  
**Costos de Propiedad y de Operación - Remolcador**

	Gastos Anuales en dólares actuales									
	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Capital de Inversión										
Neumáticos Inferiores del Remolcador										
Construcción de la Vía de Recorrido }										
Equipo de Mantenimiento de la Vía de Recorrido										
Alumbrado										
Almacén y Equipo de Reparación										
Edificio del Almacén de Partes de Reparación										
Arreglo de carga										
Arreglo de descarga										
Técnica										
Costos propios anuales										
Depreciación										
Interés, impuestos, y seguros										
Costos de operación anuales										
Mantenimiento del recorrido										
Mantenimiento y reparación de los remolcadores										
Neumáticos										
Combustible, aceite y grasa										
Trabajo										
Operadores										
Mecánicos										
(usualmente incluidos en la reparación del remolcador)										
Energía para alumbrado										
Costo total										

Aunque el análisis de los costos propios y de operación indican una ventaja de un sistema sobre otro, el programa más económico puede requerir una inversión inicial que puede ser mayor a la del programa alternativo. El valor de esta inversión puede ser el factor determinante en la decisión de la inversión. El ejemplo siguiente ilustra un método común de la evaluación de este valor.

**Valor Actual: Valor de Retorno Requerido**

Las Tablas 1-3, 1-4, y 1-5 muestran el procedimiento para obtener el valor actual de una inversión. Los valores de costo usados en las Tablas 1-3 y 1-4 son cantidades arbitrarias y no representan valores comparativos para un transporte por remolcador o transportador específico. Para simplificar el ejemplo, el interés del crédito del monto de la inversión y otras consideraciones del interés (principalmente la depreciación), que serían aconsejable en un análisis real, se han ignorado. El ejemplo asume 5% de inflación anual.

Las Tablas 1-3 y 1-4 muestran cómo los gastos anuales son determinados para cada sistema. El valor actual de un sistema es el valor de una inversión (hecha ahora a un valor de retorno requerido por el inversionista) que producirá los costos propios y de operación anuales, durante la vida del proyecto, de cada sistema. Como cada sistema realiza la misma función, el sistema que representa la menor inversión, será más atractivo al inversionista.

La Tabla 1-5 muestra el resultado, usando 20% como el valor de retorno requerido. En este ejemplo, el sistema transportador requiere una inversión de \$4,599,000 y el sistema remolcado, una de \$6,222,000. Como el valor actual del sistema transportador es menor al del sistema remolcador, se considera que el transportador es la

inversión más atractiva. De hecho, se pudo justificar un gasto de capital adicional de \$1,623,000 (\$6,222,000 menos \$4,599,000).

**Tabla 1-3**  
**Flujo de caja – Sistema transportador**

En miles de dólares										
Año										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capital de inversión										
Sistema de transportador	1,900									
Sistema de carga	260					330*				
Faja	700					890*				
(Taller de reparación y almacén de partes incluidas como costos de operación)										
Vía de acceso	50									
Costos de operación										
Intereses y gastos	116	101	85	70	54	88	70	53	35	18
Energía										
Mantenimiento y reparación	287	301	316	332	349	366	385	404	424	445
Trabajo										
Mantenimiento de la vía de acceso	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
Flujo de caja total	3,316	405	404	405						

\*Para el propósito de este ejemplo, estos artículos se reemplazan al final del año 5. Expectativas en horas de Operación y de Vida determinan el ingreso adecuado.

Los Transportadores de faja han sido por mucho tiempo la primera opción para proporcionar el transporte interno de materiales a granel en cada industria en la que deben manejarse tales materiales. A menudo, las fajas son los únicos medios prácticos para este propósito. Repasando sus usos y ventajas bajo las diversas condiciones descritas anticipadamente, el lector tendrá un buen conocimiento de las posibilidades para la aplicación en sus operaciones.

**Tabla 1-4**  
**Flujo de caja – Sistema de remolque**

En miles de dólares										
Año										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capital de inversión										
Remolcado	1,400					1787*				
Taller de reparación y almacén de partes.	50									
Recorrido	100									
Sistema de Carga	460					588*				
Costos de Operación										
Interés y Gastos	80	65	49	34	18	98	78	59	39	20
Mantenimiento de los Remolcadores										
Mantenimiento de los Cargadores										
Trabajo	704	739	776	815	856	899	944	991	1,040	1,092
Combustible										
Neumáticos										
Mantenimiento del Recorrido	10	10	11	12	12	13	13	14	15	15
Flujo de Caja Total	2,804	814	836	861	886	3,385	1,035	1,064	1,094	1,127

\*Para el propósito de este ejemplo, estos artículos se reemplazan al final del año 5. Expectativas en Horas de Operación y de Vida determinan el ingreso adecuado.

En años recientes los transportadores de faja han ganado la mayor aceptación como medio de transporte de los materiales a granel en distancias relativamente grandes, debido a sus menores costos globales por tonelada y otros beneficios importantes. Este transporte de grandes distancias ha sido tradicionalmente cubiertas la operación de remolcadores o sobre carriles.

**Tabla 1-5**  
**Valor de los costos anuales descontados en 20%**  
**En miles de dólares**

Año	Sistema de faja			Sistema de faja		
	Flujo de caja	Factor	Valor actual	Flujo de caja	Factor	Valor actual
1	\$3,316	0.833	\$2,762	\$2,804	0.833	\$2,336
2	405	0.694	281	814	0.694	565
3	404	0.579	234	836	0.579	484
4	405	0.482	195	861	0.482	415
5	407	0.402	164	886	0.402	356
6	1,678	0.335	562	3,385	0.335	1,134
7	459	0.279	128	1,035	0.279	289
8	461	0.233	107	1,064	0.233	248
9	463	0.194	90	1,094	0.194	212
10	468	0.162	76	1,127	0.162	183
Total			\$4,599			\$6,222
Diferencia en valor actual = 6,222,000 – 4,599,000 = \$1,623,000						

## RESUMEN

Este libro es una publicación CEMA para proporcionar al lector la información necesaria para hacer una evaluación técnica y económica de las fajas transportadoras, como una posible solución de problemas de manejo de materiales a granel. Los miembros de CEMA estarán gustosos en ayudar al lector en el suministro de datos adicionales, estimaciones, y propuestas.

## **Capítulo 2**

---

# **Consideraciones de Diseño**

### **Contenido**

**Arreglos de transportadores**

**Resúmenes de los Capítulos 3 al 14**

La información presentada en este libro esta orientada para cubrir los principios básicos del diseño de la fajas transportadoras e incluir las fórmulas, tablas y gráficas que se requieran para diseñar la mayoría de transportadores de faja. Los datos están ordenados de la forma más conveniente para el uso de un ingeniero de transporte experimentado, pero se intenta que la información sea lo suficientemente completa para su uso por ingenieros menos familiarizados con las fajas transportadoras.

Los datos están basados en la práctica industrial y son confiables cuando todas las consideraciones de diseño se toman en cuenta en el diseño final. Son aplicables al diseño de un porcentaje alto de transportadores que requieren ser operados bajo condiciones bastante comunes. Sin embargo, algunos transportadores operan bajo condiciones, para los cuales los datos completos, están más allá del alcance de este libro. Estos inconvenientes en el diseño requieren una mayor experiencia para una solución satisfactoria. Debe consultarse a un miembro CEMA en tales casos, así como también en el diseño de transportadores muy grandes o sistemas muy complejos. La experiencia de los miembros CEMA en el conocimiento de los requisitos de diseños especiales, asegurará un costo y desempeño óptimo.

Las consideraciones en el diseño de fajas transportadoras y la localización de los datos respectivos se dan a continuación.

### Arreglos de transportadores

Los Transportadores de faja pueden montarse de tal modo que sigan un número infinito de recorridos o caminos de viaje. Entre éstos, están los horizontales, inclinados con pendiente positiva, o negativa, o, incluso con curvas cóncavas y convexas, o cualquier combinación de éstas. También existen numerosas posibilidades para la carga y descarga del transportador.

La nomenclatura de los componentes típicos de las faja transportadoras se ilustra debajo, en la Figura 2.1. Se ilustran varios arreglos en las Figuras 2.2 a 2.9; los arreglos de carga y descarga se muestran en Figuras 2.10 a 2.18. Además, los apiladores de las fajas transportadoras pueden conectarse a la línea principal del transportador para acumular el material a varios pies ya sea en uno o a ambos lados en canchas de cualquier tamaño práctico, como se muestra en Figura 1.11 en el Capítulo 1. Una combinación apilador-recuperador (Figura 1.12) puede usarse para acumular el material o recuperarlo y devolverlo a la faja transportadora principal.

Prácticamente se pueden diseñar transportadores de la faja para cualquier recorrido deseado, limitados solamente por el esfuerzo de la faja, el ángulo de inclinación, o el espacio disponible. Algunos de los perfiles mostrados abajo, son más recomendables que otros. Por ejemplo, la transferencia entre los transportadores debe evitarse donde sea posible, debido al desgaste adicional de las fajas en los puntos de carga, al levantamiento de polvo, y la posible obstrucción en los chutes de transferencia. Por estas razones, el arreglo de la Figura 2.3 es preferible a aquéllos mostrados en las Figuras 2.5 y 2.7.

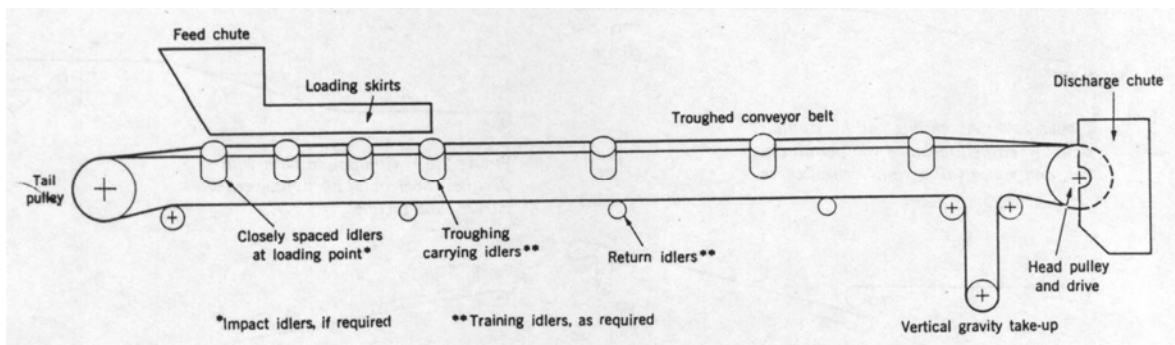


Figura 2.1 Nomenclatura de los componentes de una faja transportadora típica



## RECORRIDOS TÍPICOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS

Figura 2.2 Faja horizontal.

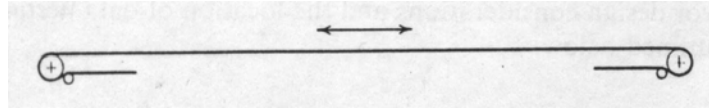


Figura 2.3 Recorrido horizontal y ascendente, cuando el espacio permita la curva vertical y el esfuerzo de la faja requiera una faja.

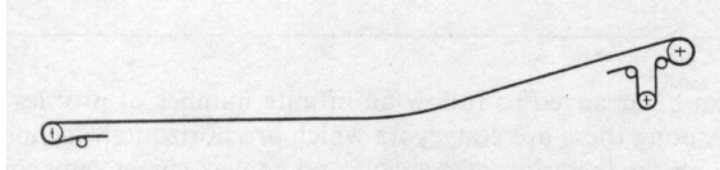


Figura 2.4 Recorrido ascendente y horizontal, cuando el espacio permita la curva vertical y el esfuerzo de la faja requiera una faja.

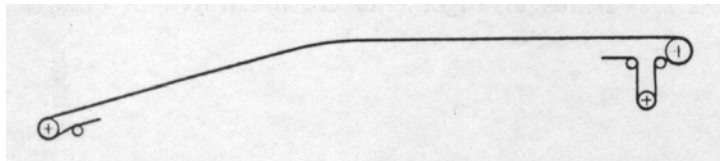


Figura 2.5 Posible recorrido horizontal y ascendente, cuando el espacio no permita la curva vertical, o cuando el esfuerzo de la faja requiera dos fajas.

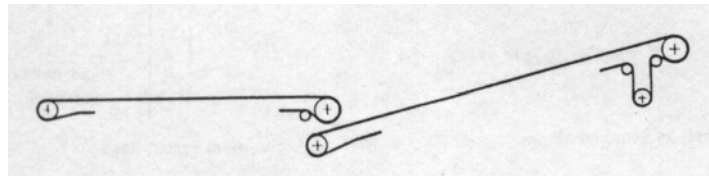


Figura 2.6 Recorrido ascendente y horizontal, cuando se recomienda usar dos fajas.

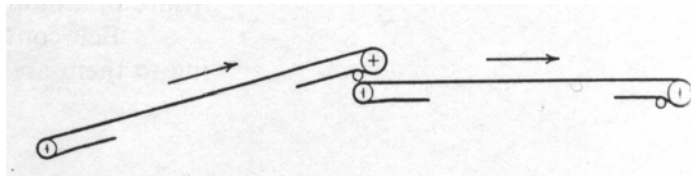


Figura 2.7 Posible recorrido horizontal y ascendente, cuando el espacio no permita la curva vertical, pero el esfuerzo de la faja requiera una fajas.

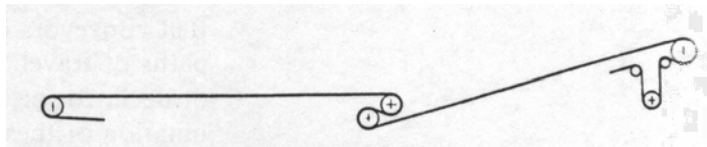


Figura 2.8 Recorrido compuesto por tramos horizontales, inclinados, declinados y con curva vertical.

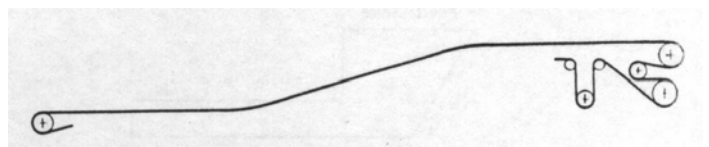
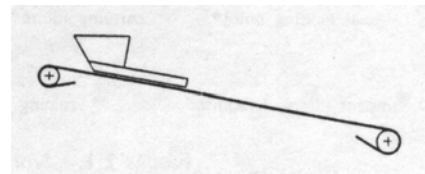


Figura 2.9 La carga se puede acompañar, como se muestra, con pequeños ángulos de inclinación.



## ARREGLOS TÍPICOS DE CARGA Y DESCARGA DE FAJAS TRANSPORTADORAS

Figura 2.10 Chute de Carga Móvil que recibe material en puntos a lo largo del transportador.

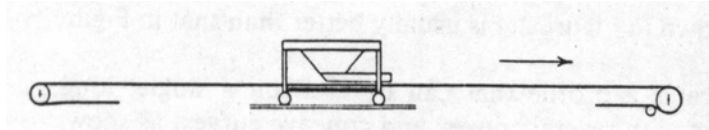


Figura 2.11 Descarga en la polea final que forma un amontonamiento cónico.

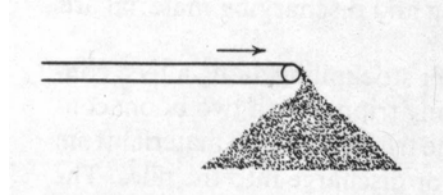


Figura 2.12 Descarga por volteadores móviles o por medio del volcador en un amontonamiento cónico.

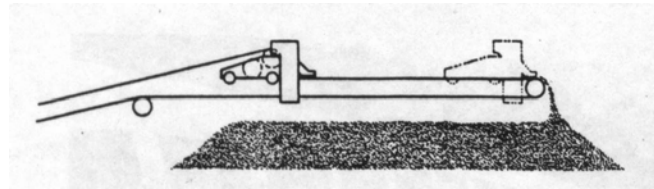


Figura 2.13 Descarga sobre cada una de las poleas finales de un transportador de faja de tren reversible.

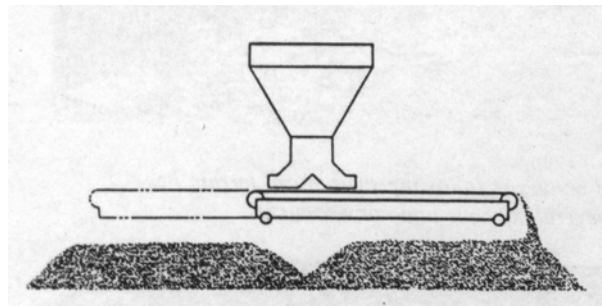


Figura 2.14 Descarga del volteador a un sólo lado, a ambos lados, o de reenvío a la faja transportadora.

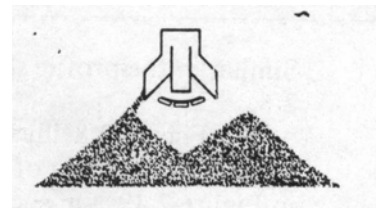


Figura 2.15 Descarga por volteadores fijos con o sin transportador cruzado a recipientes o compartimientos abiertos.

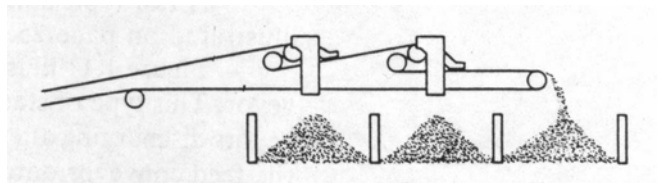
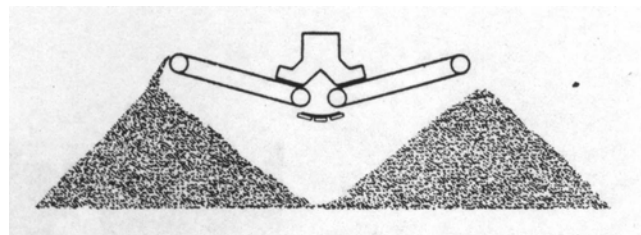
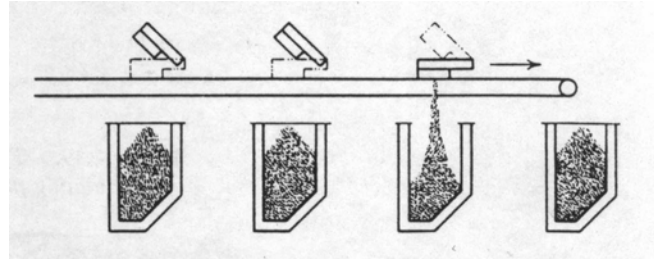


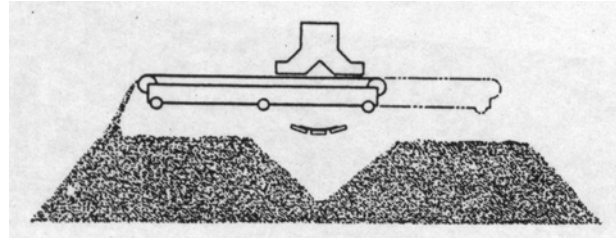
Figura 2.16 Descarga por volteadores fijos o móviles hacia transportadores cruzados ascendentes cargados por volteadores.



*Figura 2.17 Descarga por desviadores pivotados a una o más ubicaciones estacionarias a uno o a ambos lados del desviador. El dispositivo se puede ajustar para una descarga proporcional a muchos lugares.*



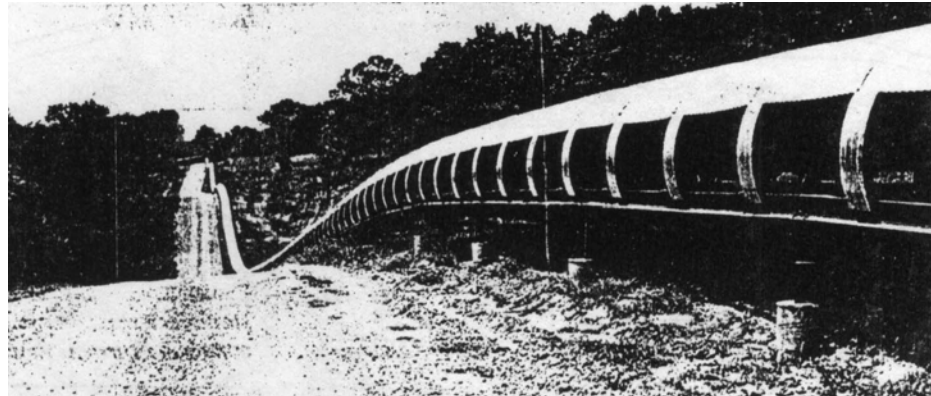
*Figura 2.18 Descarga por volteadores estacionarios o móviles cargando la faja de tren reversible.*



De forma semejante, el perfil mostrado en la Figura 2.4 es normalmente mejor que el de la Figura 2.6.

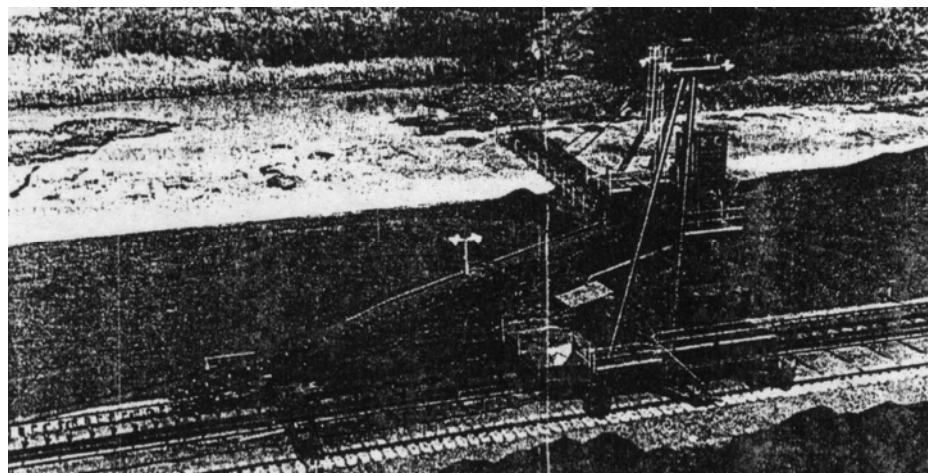
La figura 2.8 ilustra un perfil que puede usarse en un transportado simple, de gran longitud, por encima del nivel del piso, a menudo, con muchas curvas cóncavas y convexas, como se muestra en la Figura 2.19. En tales transportadores, es esencial que las tensiones de la faja se determinen a lo largo de toda la longitud para calcular el radio de las curvas y localizar la máxima tensión de la faja que puede presentarse en punto intermedio.

*Figura 2.19 Este transportador sobre el nivel del suelo, que sigue el terreno natural tiene un perfil ondulado con muchas curvas cóncavas y convexas.*



Se ilustran unos pocos arreglos típicos para la carga y descarga del material en las Figuras 2.10 a 2.18.

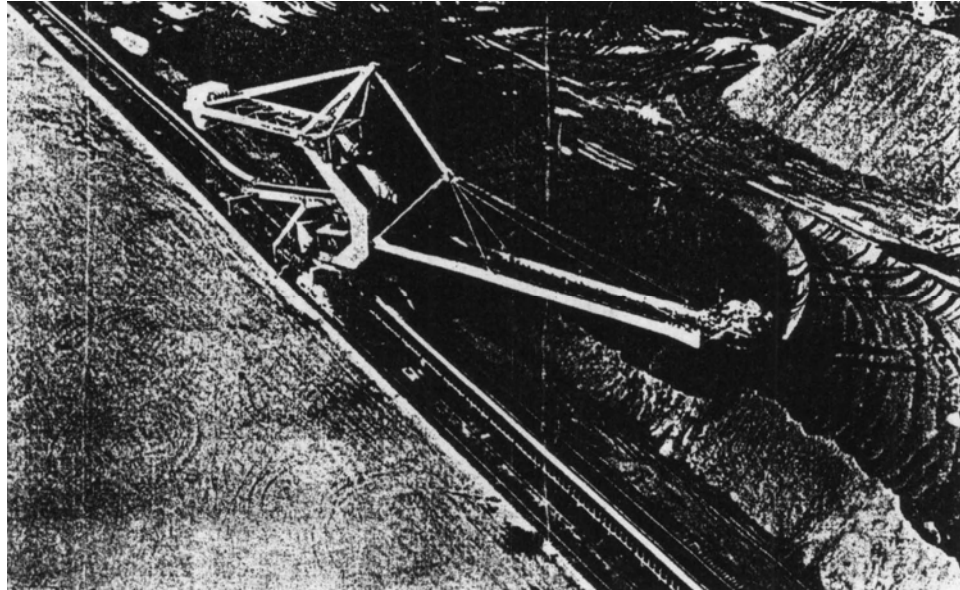
*Figura 2.20 Apiladora móvil de pluma con pescante giratorio amontonando a ambos lados del transportador alimentador.*



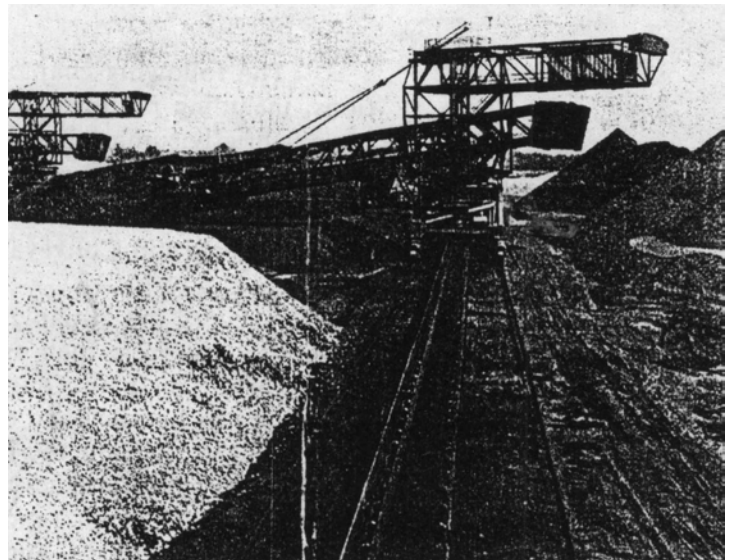
La Figura 1.11 ilustra una apiladora móvil acumulando material a lo largo de un transportador alimentador. Este tipo de apiladora comprende un volteador móvil con dos transportadores de pluma, que descargan alternadamente a cada lado. El volteador eleva el material del transportador alimentador hacia ambos pescantes para la descarga en canchas de almacenamiento. La apiladora móvil también puede reemplazarse con una sola pluma fija para la descarga a un sólo lado o con un simple, pescante giratorio, que puede descargar a ambos lados del transportador alimentador. Vea la Figura 2.20.

La recuperación desde los enormes montones formados por estas apiladoras se realiza eficazmente tanto por una combinación apiladora - recuperadora (Fig. 2-21) que utiliza el transportador de pluma reversible tanto para el apilamiento como para la recuperación, o por medio de un recuperador separado de rueda de canguilón, sus diferentes modelos se muestra en las Figuras 2.22 y 2.23.

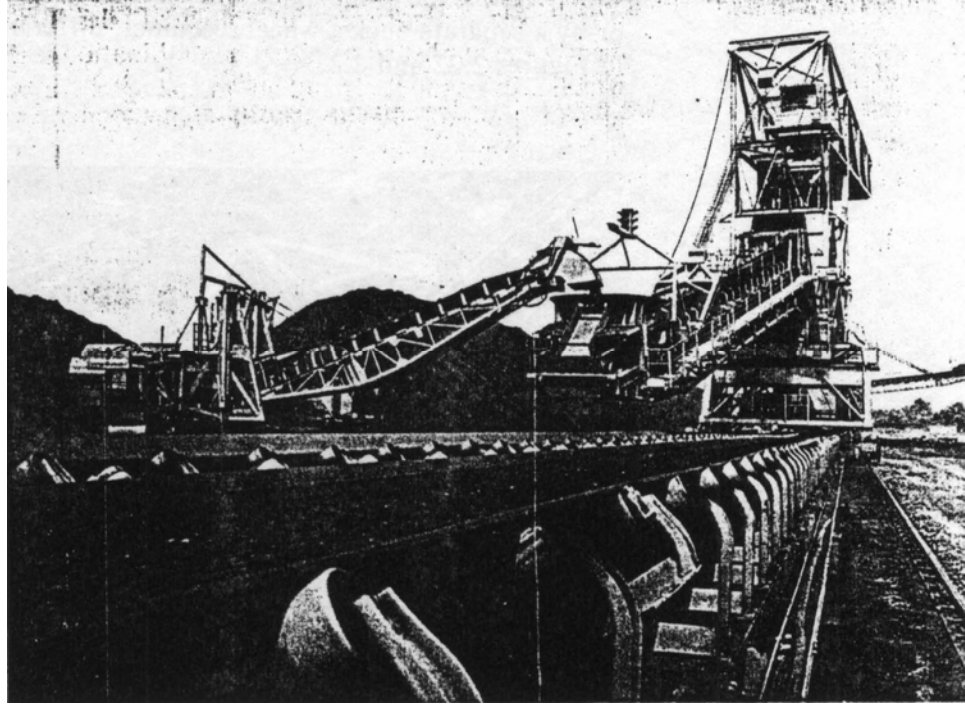
*Figura 2.21 Rueda de canguilón de la combinación apiladora - recuperadora, que descarga hacia el transportador apilador pescante, que se invierte para operaciones de recuperación.*



*Figura 2.22 Recuperador de Rueda de Canguilón con la rueda al final del pescante.*



*Figura 2.23  
Recuperador de  
Rueda de  
Canguilón  
montado sobre  
orugas, que se  
soporta en la  
estructura  
descarga a un  
transportador  
recuperador  
montado sobre  
carriles con  
pescante giratorio.*



---

## **Resumen de los Capítulos 3 al 14**

Los capítulos siguientes cubren varias consideraciones de diseño de ingeniería, incluyendo los datos, fórmulas, y aplicaciones pertinentes. Cada uno de los temas de cada capítulo se resume brevemente a continuación.

### **Características y Transportabilidad de los Materiales a granel (Capítulo 3)**

Los transportadores de faja son capaces de manejar una variedad casi ilimitada de materiales. Sin embargo, su exitoso desempeño depende de un diseño basado en una comprensión completa de las características del material manejado y una consideración cuidadosa de su comportamiento anticipado mientras es manejado por la faja, así como durante la carga y descarga. Algunas de las características que afectan el diseño básico, incluyen: tamaño de los trozos, densidad, ángulo de reposo, abrasividad, contenido de humedad, pulvurencia, capacidad de adherencia, temperatura, y acción química. En el Capítulo 3, se discute la influencia de éstas y otras características en el diseño de la faja transportadora. La mayoría de los materiales que han manejados con éxito en los transportadores de faja se listan y clasifican en la Tabla 3-3.

### **Capacidades, Anchos, y Velocidades de Faja (Capítulo 4)**

En términos simples, el valor de la capacidad por hora de una faja transportadora es el peso total del material que lleva la faja en una hora de manera continua, en una sección transversal uniforme del material y viajando a velocidad constante. Para obtener la capacidad deseada con el funcionamiento exitoso es importante considerar los muchos factores que influyen tanto el ancho como la velocidad de la faja.

El ancho puede ser determinado por el tamaño del trozo, el porcentaje de trozos finos, y el ángulo de reposo del material. Las velocidades máximas que son aceptables para llevar algunos materiales bajo ciertas condiciones no pueden ser apropiadas para llevar materiales polvorientos o frágiles o minerales pesados de bordes afilados. Incluso el área de la sección transversal de la carga en la faja puede variar según el tipo de rodillo usado. En el Capítulo 4 se dan los datos de diseño referidos a los anchos, velocidades, y capacidades, incluyendo tablas y fórmulas.

## **Rodillos de las Fajas Transportadoras (Capítulo 5)**

Es importante seleccionar el mejor diseño de rodillo para una condición específica, partiendo de que los rodillos influyen grandemente las tensiones de la faja, los requisitos de potencia, la vida útil de la faja, la capacidad, y el éxito funcional del transportador. El uso del correcto rodillo de transporte y el espaciamiento apropiado puede minimizar la resistencia a la fricción. Algunos rodillos llevan cargas de sección transversal mayores con respecto a otros, para determinados materiales. Otros son necesarios para propósitos tales como guiar la faja, amortiguar la faja contra la caída de trozos pesados, y el manejo de materiales sumamente abrasivos o pegajosos. En el Capítulo 5, se presenta el diseño, la selección, y los datos de aplicación para los rodillos de faja transportadora.

## **Tensión en la faja, Potencia, Sistemas de Transmisión (Capítulo 6)**

Las tensiones en la faja no sólo determinan el esfuerzo requerido en la faja, sino que también influyen en el diseño de muchas otras partes mecánicas. Además, la potencia necesaria para el accionamiento del transportador se calculada a partir de las tensiones de faja.

En el Capítulo 6 se cubren los factores que contribuyen a las tensiones en la faja y su relación con los requerimientos de potencia, junto con las fórmulas y tablas apropiadas. Entre los factores principales discutidos están, la potencia requerida para superar la carga, la fuerza de fricción, la aceleración y desaceleración, y los arreglos de la Transmisión. Un buen diseño puede asegurar tensiones de la faja menores mediante el acomodo apropiado de poleas de transmisión, su revestimiento, y el ángulo de arrollamiento de la faja. Las Tensiones resultantes de la aceleración pueden ser limitadas por los mandos eléctricos apropiados, como se describe en el Capítulo 13.

Para ayudar al lector en el uso de estos datos, se ilustran dos métodos diferentes por determinar la tensión y la potencia requerida. El método gráfico, mostrado en página 125, se usa para calcular rápida y convenientemente la potencia requerida para accionar el transportador. Las tensiones de faja pueden determinarse basados en estos cálculos de potencia. Este método es conveniente para el uso en un diseño de transportador simple, recto en línea, horizontal, o inclinado.

El método analítico, descrito en página 128, proporciona los cálculos de todas las tensiones de faja tal como ocurren a lo largo del transportador, además se determinan las magnitudes en los puntos intermedios. Esta información es necesaria para diseñar los tramos curvos verticales cóncavas y convexas, los volteadores, y las tomas remotamente localizadas. También se usa para determinar la ubicación de la máxima tensión de la faja, cuando hay un cambio múltiple de pendiente en el recorrido de la faja. La potencia requerida para accionar o detener el transportador se deriva de la tensión, que representa la fuerza de tracción en la polea de accionamiento necesaria para propulsar o retardar la faja cargada. El método analítico es más exacto que el método gráfico, y debe usarse para transportadores diseñados que exceden los límites propuestos para el método anterior.

## **Selección de faja (Capítulo 7)**

La selección de la faja transportadora es la consideración de diseño más importante, ya que la faja constituye una gran proporción en el costo inicial de una faja transportadora. También, sufre el mayor desgaste y contribuye substancialmente a los costos de operación del transportador.

La selección de la faja más conveniente para el servicio requerido involucra una consideración cuidadosa en la construcción de la faja junto con los rodillos y otros componentes mecánicos. Hay tantas construcciones de faja que no es práctico incluir más que unas cuantas de ellas en el Capítulo 7. También, la industria de caucho está introduciendo avances tan rápidos, en el uso de modelos con fibras sintéticas y de acero, que frecuentemente, hacen disponibles construcciones mejoradas.

El capítulo 7 contiene información pertinente para una selección conservadora de fajas adecuadas para la mayoría de aplicaciones. Sin embargo, sistemas transportadores complejos o para fajas grandes, muy

cargadas, es aconsejable consultar a un miembro CEMA para ayudar a seleccionar la faja más económica para el servicio requerido.

### **Poleas y ejes (Capítulo 8)**

Debido a que las poleas y los ejes del transportador una estructura compuesta en el funcionamiento, se acepta en la práctica de ingeniería considerar su diseño en conjunto. El capítulo 8 contiene tablas y fórmulas que ayudan al diseñador a seleccionar la combinación más eficaz de eje y polea. También se incluye la información sobre las poleas de propósito especial, como las recubiertas con caucho para una buena tracción, o las acanaladas para un agarre relativamente "antideslizante" en una faja húmeda, y las poleas de aletas para su uso en el manejo de materiales pegajosos.

### **Curvas verticales (Capítulo 9)**

Pueden requerirse dos tipos de curvas verticales en el perfil de una faja transportadora, cóncava y convexa. En la curva cóncava la faja de transporte asciende en un radio, cuyo centro está por encima de la faja. Si se diseña inadecuadamente, la faja cargada puede elevarse por encima de los rodillos y puede producir un derramamiento excesivo. En la curva convexa la faja desciende en un radio, cuyo centro está por debajo de la faja. En este caso, el diseño inapropiado puede ocasionar tensiones excesivas en los bordes de la faja, dañándola. El Capítulo 9 incluye tablas y fórmulas para el uso en el diseño apropiado de curvas verticales.

### **Ángulo de Sobrecarga del Material (Capítulo 10)**

Este capítulo proporciona un estudio comprensivo de las exitosas ventajas actuales en el manejo de los materiales a granel tanto en tramos de pendiente positiva como negativa. Esta capacidad, combinada con la adaptabilidad del recorrido de los sistemas de transportadores a granel, brinda un alto grado de versatilidad en el movimiento de los transportadores de faja de materiales a granel entre los puntos de carga y descarga.

Este capítulo habla acerca de materiales desarrollados en otras partes del libro y que, en general, tienen que ver con el problema del ángulo de sobrecarga. Sin embargo, las restricciones para las secciones transversales y los tamaños de trozo aceptables, difieren de la práctica de las fajas transportadoras normales. En algunos casos, el método del cálculo de la tensión también debe modificarse.

### **Tensores, Limpiadores, y Accesorios de la Faja (Capítulo 11)**

Además de los datos requeridos para el diseño básico de una faja transportadora, hay numerosos temas adicionales de equipamiento que deben ser considerados a la luz de su contribución al funcionamiento económico y exitoso del transportador. Por ejemplo, los tensores de faja son necesarios para mantener la tensión apropiada en la faja para la tracción de polea motriz. Los dispositivos de limpieza pueden reducir los problemas de la limpieza de los materiales y eliminar una fuente de desalineamiento que podría producir, de lo contrario, daño en alguna parte de la faja.

Otros dispositivos adicionales están disponibles para proteger la faja y/o realizar ciertas funciones del proceso. Estos dispositivos incluyen cubiertas de faja, poleas magnéticas para quitar trozos sueltos de hierro del material transportado, detectores de desechos férricos, y varios métodos y dispositivos para pesar y/o tomar muestras del material transportado con precisión y de forma continua.

### **Carga y Descarga del Transportador (Capítulo 12)**

Una consideración sumamente importante en el diseño de la faja transportadora es la carga apropiada de la faja. La carga inapropiada puede producir un desgaste acelerado de la faja, derramamiento, y/o la reducción de capacidad. La descarga de la faja debe ser considerada en relación con los materiales manejados, dónde serán depositados, y la trayectoria de descarga por encima de la polea motriz. La trayectoria y diseño del chute son particularmente importantes en la transferencia de un transportador a otro. La descarga en puntos distintos al de la polea motriz puede lograrse por medio de volteadores fijos y móviles, desviadores, etc.

Además de los volteadores, el Capítulo 12 considera dispositivos auxiliares para la alimentación del material a la faja y la recepción del flujo de la faja, para propósitos de almacenamiento o disposiciones diferentes.

### **Motores y Controles (Capítulo 13)**

Los equipos eléctricos no sólo deben ser capaces de impulsar el transportador totalmente cargado a su velocidad de diseño, sino también de mantener la aceleración en el arranque, dentro de los límites de diseño, previniendo la tensión excesiva en la faja. El Capítulo 13 contiene tablas, gráficas, y otra información de los tipos de motores y dispositivos del mando útiles para este propósito. También se incluyen los datos de los enclavamientos necesarios para dos o más transportadores en un sistema.

En el Capítulo 13 se discuten varios dispositivos de mando electrónicos importantes, así como las ventajas en el uso de equipo electrónico moderno, como los controladores programables, computadoras, y otros múltiples.

### **Operación, Mantenimiento, y Seguridad (Capítulo 14)**

El Capítulo 14 proporciona una guía en las consideraciones de funcionamiento, mantenimiento, y seguridad; que son muy importantes para asegurar la confiabilidad, el uso eficaz, y una razonable expectativa de vida útil del equipo.



## **Capítulo 3**

---

# **Las características y Transportabilidad de los Materiales a Granel**

### **Contenido**

**Características de los materiales.**

**Comportamiento de los materiales sobre la faja en movimiento;**

**Efecto de pendientes y declives; Clasificación de los Materiales**

## Características de los materiales

El diseño exitoso de una faja transportadora debe empezar con la apreciación exacta de las características del material a transportar. Unas pocas características importantes requieren definición.

*El ángulo de reposo* es el ángulo que forma la superficie de montón normal, libremente constituido con la horizontal.


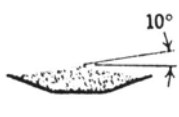



*El ángulo de sobrecarga* es el ángulo la superficie del material toma el material estando en reposo relativo a la faja transportadora en movimiento. Este ángulo normalmente es 5° a 15° menor que el ángulo de reposo, aunque en algunos materiales puede ser hasta 20° menor.

*La fluidez del material*, se mide por su ángulo de reposo y sobrecarga, y determina la sección transversal del material cargado que puede llevarse en una faja, de forma segura. También es un índice del ángulo seguro de inclinación de la faja transportadora.

La fluidez se determina por características de los materiales, tales como: el tamaño y forma de las partículas finas y los trozos, la rugosidad o suavidad de la superficie de las partículas, la proporción fina y de trozos presentes, y humedad contenida en el material.

La Tabla 3-1 ilustra y define la relación normal de las propiedades anteriores y las características generales de los materiales.

**Tabla 3-1**  
**Fluidez – Ángulo de sobrecarga – Ángulo de reposo**

Fluidez muy libre 1*	Fluidez libre 2*	Fluidez promedio 3*		Pesada 4*
ángulo de sobrecarga de 5°	Ángulo de sobrecarga de 10°	Ángulo de sobrecarga de 20°	Ángulo de sobrecarga de 25°	Ángulo de sobrecarga de 30°
				
0° - 19° ángulo de reposo	20° - 29° ángulo de reposo	30° - 34° ángulo de reposo	35° - 39° ángulo de reposo	40° - a más ángulo de reposo
Características del material				
Tamaño uniforme, partículas redondeadas muy pequeñas, tanto si están húmedas o muy secas: piedra sílice seca, cemento, concreto húmedo	Partículas pulidas, redondeadas, secas, de peso medio: granos sin pelar y frejoles	Materiales Irregulares, granulares o en trozos de peso medio, tales como antracita y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, piedra, mayoría de minerales	Materiales irregulares, fibrosos, que se pueden atorar: astillas de madera, bagazo, arena de fundición templada.

\* Los diseños de código conforman las características gráficas de los materiales a granel.

Debe darse también los datos referidos al peso por pie cúbico del material; su pulvurencia, humedad, adherencia, abrasividad, su acción química corrosiva, y su temperatura. Se da un poco de información general que involucra estas propiedades para muchos materiales en la Tabla 3-2. La Tabla 3-3 da una lista de materiales con sus características físicas y una clasificación del código de designación. Debe entenderse que los datos dada en esta tabla son para condiciones promedio y para materiales promedio. Cada característica puede variar en casos específicos, sobre todo los ángulos de reposo y las máximos inclinaciones del transportador.

Estos materiales deben ser considerados apropiadamente, las características varían bajo distintas condiciones de manejo, humedad atmosférica, época, o periodos de almacenamiento largos. En algunos casos, la exactitud puede

requerir que se realicen pruebas cuidadosas para establecer las características del material, bajo las condiciones requeridas.

Los materiales o características omitidas en la Tabla 3-3 pueden ser estimadas aproximadamente por comparación, con los materiales listados del mismo tipo.

### **Comportamiento de los Materiales sobre la Faja en Movimiento**

Se debe prestar atención al hecho de que, las características normales de materiales son influenciadas considerablemente por el movimiento, la pendiente, y la velocidad de la faja transportadora que los lleva.

Al pasar la faja consecutivamente, sobre cada rodillo, el material se agita correspondientemente. Esta agitación tiende a llevar los pedazos más grandes a la superficie de la carga y las partículas más pequeñas o finas al fondo. También tiende a allanar la pendiente de superficie del material (es decir, el ángulo de sobrecarga) y se explica porque este ángulo es menor que el de reposo.

Cualquier diferencia entre la velocidad del material cuando es cargado y de la faja transportadora que está recibéndolo debe igualarse por medio de la aceleración del material. Esta aceleración causa turbulencia en el material.

Cualquier componente vertical de la velocidad del material durante su carga, debe absorberse por la elasticidad de la construcción de la faja transportadora y por los rodillos de impacto, usados bajo puntos de carga. En este proceso, se produce un aumento excesivo en la turbulencia del material.

Estas tres influencias son enfatizadas cuando la faja transportadora está en pendiente o declive, y también cuando se opera a altas velocidades. Estas influencias se enfatizan aún más, cuando el material manejado está suelto y contiene trozos redondeados grandes, como la grava gruesa lavada, su tendencia es rebotar y rodar sobre la faja transportadora.

### **Efecto de Pendientes y Declives**

La sección transversal nominal del material en una faja transportadora horizontal se mide en un plano normal a la faja. En una pendiente o declive de la faja transportadora, la gravedad hace necesario que la sección transversal real de la carga sea considerada en un plano vertical. Para mantener el ancho total del material cargado en la faja y para mantener los ángulos de la sobrecarga inalterados, la sección transversal posible en una faja en pendiente o declive debe ser menor que para una faja horizontal. Refiriéndose al diagrama usado en la variación de capacidad de la faja transportadora (Figura 4.2), el área  $A_b$  aunque el área  $A_s$  disminuya con el coseno del ángulo de pendiente del transportador.

El efecto total está influenciado por el ángulo de sobrecarga al que el material irá sobre la faja transportadora. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la pérdida real en la capacidad es menos del 3%.

Las siguientes tres precauciones deben ser bien observadas bien: los trozos están más próximos a rodar fuera de los bordes de faja transportadora inclinada que en la horizontal; para las fajas de pendiente constante, el derrame de material es más probable que ocurra inmediatamente después del punto de carga; los materiales se que airean excesivamente, tales como algunos granos muy finos de cemento, o materiales en los que la proporción de agua es tan alta que se crea un slurry, debe llevarse en cuestas y a tales velocidad de faja que la tendencia del material a resbalar sea compensada totalmente.

□ **Tabla 3-2**

**Tabla 3-2 Descripción de la Clasificación de los Materiales**

	Características del material	Código
Tamaño	Muy fino: hasta la malla 100	A
	Fino: hasta 1/8"	B
	Granular: hasta 1/2"	C
	En trozos: de más de 1/2"	D
	Irregular: fibrosos, que se pueden atorar, enredado	E
Fluidez, Angulo de Reposo	Fluidez muy buena – Angulo de reposo menor a 19°	1
	Fluidez buena: Angulo de reposo entre 20 a 29°	2
	Fluidez promedio - Angulo de reposo entre 30 a 39°	3
	- Angulo de reposo entre 40° a más.	4
Abrasividad:	No abrasivo	5
	Abrasivo	6
	Muy abrasivo	7
	Muy afilado: corta o deshace la cubierta de la faja	8
Características Variadas (a veces mas de una propiedad puede aplicarse)	Muy polvoriento	L
	Aireado o que desarrolla propiedades de fluido	M
	Contiene polvo explosivo	N
	Contaminable, afecta su uso o venta	P
	Degradable, afecta su uso o venta	Q
		R
	Altamente Corrosivo	S
	Medio Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Que se atora	V
	Presenta aceites o químicos que pueden afectar productos de caucho	W
	Empacado bajo presión	X
	Muy liviano y , puede dispersarse con el viento	Y
Temperatura elevada.	Z	
Por ejemplo: Un material muy fino, de buena fluidez, abrasivo, y que contiene polvo explosivo, tendrá una designación: Clase A26N		

**Table 3-3**  
**Características del material y peso por pie cúbico**

Material	Peso promedio (lbs por pie <sup>2</sup> )	Angulo de reposo (grados)	Inclinación máxima recomendada	Código
Abono	30-50			E45ST
Aceite aglutinado	48-50	45		D45W
Acero, recortes de	75-150	35	18	E37V
Acero, virutas de, chancado	100-150	30-44		D37WZ
Acido oxálico, cristales	60	30-44		B35SU
Afrecho	10-20	30-44		B35NY
Ajonjolí, semillas de, seca	27-41	20-29		B25N
Alazor aglutinado	50	30-44		D35
Alazor, harina de	50	30-44		B35
Alazor, semillas de	45	20-29		B25N
Albayaalde	75-100	30-44		A36MR
Alfalfa, gránulos	41-43	20-29		C25
Alfalfa, harina	17	45		B46Y
Alfalfa, semilla	10-15	29		B26N
Almendras, partidas o enteras	28-30	30-44		C36Q
Almidón	25-50	24	12	*B25
Alúmina	50-65	22	10-12	B27M
Aluminio, hidróxido de	18	34	20-24	C35
Aluminio, mineral de (ver bauxita)	-			-
Aluminio, óxido de	70-120	29		A27M
Aluminio, silicato de	49	30-44		B35S
Aluminio, sulfato de	54	32	17	D35
Aluminio, sulfato de, fino	45-50	30-44		B35
Aluminio, Sulfato de, trozos	50-60	30-44		D35
Aluminio, virutas de	7-15	45		E46Y
Amonio, clorito de, cristales	45-52	30-44		B36S
Amonio, nitrato de	45	30-44		*C36NUS
Amonio, sulfato de	45-58	44		*C35TU
Antimonio, polvo de	60	30-44		A36
Aplita	70-80	30-44		A35
Arcilla (ver también bentonita, tierra diatomácea, arcilla de batán, caolín, y arcilla calcárea)	-			-
Arcilla esquitosa, chancada	85-90	39	22	C36
Arcilla esquitosa, molida	90-100	20-29		D26QZ
Arcilla grasa, aceitosa	60-65	20-29		B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, cruda	35-40	35	20	*B26
Arcilla grasa, filtrada en aceite, quemada	40	20-29		B26
Arcilla grasa, seca	30-35	23		B26
Arcilla, calcinada	80-100			B37
Arcilla, caolín, hasta 3 pulgadas	63	35	19	D36
Arcilla, cerámica, seca, fina	60-80	30-44		A35
Arcilla, seca, fina	100-120	35	20-22	C37
Arcilla, seca, trozos	60-75	35	18-20	D36
Arena	26-35	21	10	C25M
Arena de cantera, húmeda	105-130	45	20-22	B47
Arena de cantera, seca	90-110	35	16-18	B37
Arena, mineral de	65	41	26	B35X
Arena, molida	19-24	30-44		C35NY
Arena, preparada para fundición, desechada	90-100	39	22	D37
Arena, preparada para fundición, seca	80-90	30-44	24	B37
Arena, sílica, seca	90-100	20-29	10-15	B27
Arenisca, triturada	85-90	30-44		D37
Arroz, a medio moler	42-45	30-44		B35

Arroz, pelado o descascarado	45-48	19	9	B15
Arroz, quebrado	36	30-44		B35M
Arsénico, óxido de	100-120	30-44		A35R
Arsénico, pulverizado	30	20-29		*A26
Asbesto, mineral o roca	81	30-44		D37R
Asbesto, triturado	20-25	45		E46XY
Aserrín	10-13	36	22	*B35
Asfalto, aglomerado para pavimento	80-85			C45
Asfalto, chancado hasta 1/2 pulgada	45	30-44		C35
Azúcar, de caña, cortada	15-18	45		E45V
Azúcar, de pulpa de remolacha, húmeda	25-45	20-29		C26X
Azúcar, de pulpa de remolacha, seca	12-15	20-29		C26
Azúcar, en bruto de caña	55-65	45		B46TX
Azúcar, refinada, granulada, húmeda	55-65	30-44		C35X
Azúcar, refinada, granulada, seca	50-55	30-44		B35PU
Bagazo	7-10	45		E45Y
Bagazo filtrado a presión en ingenios azucareros	70			A15
Bakelita y plásticos similares (pulverizado)	35-45	45		B45
Bario, carbonato de	72	45		A45
Bario, carbonato de, filtrado aglutinado	72	32		A36
Bario, hidrato de	62-65	43		A36
Bario, óxido de	150-200			A46
Baritina	180	30-44		B36
Barro (de cloacas)	40-50	20-29		E25TW
Barro de aguas de cloacas, mojadas	55	30-44		B36
Barro de aguas de cloacas, seco	45-55	30-44		B36
Basalto	80-103	20-28		B26
Bauxita, chancada, hasta 3 pulgadas	75-85	30-44	20	D37
Bauxita, desprendida de mina	80-90	31	17	E37
Bauxita, molida, seca	68	20-29	20	B26
* Bentonita, cruda	35-40	42-44		D36X
Bentonita, hasta malla 100	50-60	42	20	A36XY
Borato de cal	60	30-44		A35
Bórax, cernida de 1/2 pulgada	55-60	30-44		C36
Bórax, hasta 3 pulgadas	60-70	30-44		D35
Bórico, ácido, fino	55	20-29		B26T
Bronce, virutas de, seco	30-50	44-57		B47
Cacao, granos de	35	30-44		C35
Cacao, semilla de	30-45	30-44		C35Q
Café, con cáscara	20	20-29		B25MY
Café, de grano verde	32-45	30-44	10-15	C35Q
* Café, grano tostado de	22-26			C25PQU
Café, molido	25	23	10	B25
Café, soluble	19			B45PQ
Cal, guijarro	53-56	30	17	D35
* Cal, hidratada, hasta 1/8 pulgada	40	40	21	B35MX
Cal, hidratada, pulverizada	32-40	42	22	A35MXY
Cal, piedra de, chancada	85-90	38	18	C36X
Cal, piedra de, de subsuelo, hasta 1/8 pulgada	68	30-44	20	B36
Cal, tierra de, hasta 1/8 pulgada	60-65	43	23	B35X
Calcio, carburo de (chancado)	70-80	30-44		D36N
Carbón animal, hasta malla 100	20-25	20-29		A25Y
* Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, menudo, hasta 1/2 pulgada	43-50	40	22	C35T
Carbón de piedra, antracita de río o extraído de mina, hasta 1/8 de pulgada	60	35	18	B35TY

* Carbón de leña	18-25	35	20-25	D36Q
Carbón de piedra, antracita, clasificado	55-60	27	16	C26
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina y clasificado	45-55	35	16	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, hasta malla 50	50-54	45	24	B45T
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina, tal como sale de la mina	45-55	38	18	D35T
Carbón de piedra, bituminoso, separado, no lavado	50-60			D36T
Carbón de piedra, lignito	40-45	38	22	D36T
Carbón negro, granulado	20-25	25		B25Q
Carbón negro, pulverizado	4-7	30-44		*A35Y
Carbón, activado, seca, fine	8-20	20-29		B26Y
Carborundo, hasta 3 pulgadas	100	20-29		D27
Carne, desecho	50-55	30-44		E35VW
Caseína	36	30-44		B35
Caucho, granulado	50-55	35	22	D35
Caucho, regenerado	25-30	32	18	D35
Cebada	37-48	23	10-15	B25N
Cemento clinker	75-95	30-40	18-20	D37
Cemento, Portland	72-99	30-44	20-23	A36M
Cemento, Portland, aireado	60-75			A16M
Cemento, roca (vea piedra de cal)	100-110			D36
Ceniza, carbón de piedra, húmedo, hasta 3 pulgadas	45-50	45		D46T
Ceniza, carbón de piedra, seca, hasta 3 pulgadas	35-40	45		D46T
Ceniza, negra, molida	105	32	17	*B35
Ceniza, producto de gas, húmeda	78			D47T
Ceniza, suelta	40-45	42	20-25	A37
Cenizas de carbón de piedra	40	35	20	*D37T
Cenizas de horno de fundición	57	35	18-20	*D37T
Centeno	42-46	23	8	B25N
Centeno, harina de	35-40	19		B15
Clinker, cemento (ver cemento clinker)	-			-
Cobre, mineral de	120-150	30-44	20	*D37
Cobre, sulfato de	75-85	31	17	D36
Cola, molida hasta 1/8 de pulgada	40	30-44		B36
Cola, niebla	40	25	11	C25
Cola, vegetal, pulverizada	40	30-44		
Conchas de ostras, enteras	80	30-44		D36TV
Conchas de ostras, trituradas, hasta 1/2 pulgada	50-60	30-44		C36T
Sinter	100-135	35		*D37
Concreto, escoria de	90-100		12-30	D46
Coque, desmenuzado de, hasta 1/4 de pulgada	25-35	30-44	20-22	C37Y
Coque, petróleo calcinado	35-45	30-44	20	D36Y
Coque, suelto	23-35	30-44	18	B37QVT
Corcho, granulado	12-15			C45
Corteza, madera, viruta	10-20	45	27	E45VY
Costras, laminado de	100-125	45		E46T
Cromo, mineral de (cromito)	125-140	30-44		D37
Cryolita, polvo de	75-90	30-44		A36
Cryolita, trozos de	90-100	30-44		D36
Cuarzo, cernido hasta 1/2 pulgada	80-90	20-29		C27Z
Cuarzo, en trozos de 1 1/2 a 3 pulgadas	85-95	20-29		D27Z
Deshecho de fundición, arena de fundición	70-100	30-44		D37Z

vieja, etc.				
Diatomacea, tierra	11-14	30-44		A36MY
Dicálcico, fosfato	40-50	45		A45
Disódico fosfato	25-31	30-44		B36QT
Dolomía, pulverizada	46	41		B36
Dolomía, trozos de	80-100	30-44	22	D36
Ebonita, chancada hasta ½ pulgada	65-70	30-44		C35
Empellita, chancada, hasta 3 pulgadas	40-50	45		D45
Escoria, chancada, hasta 1/2 pulgada	80-90	28	15	C36
Escoria, de alto horno, chancada	80-90	25	10	A27
Escoria, de alto horno, granular, húmeda	90-100	45	20-22	B47
Escoria, de alto horno, granular, seca	60-65	25	13-16	C27
Escoria, en trozos de 1 1/2 a 3 pulgadas	85-95			D26
Esmeril	230	20-29		A27
Feldespató, malla 200	100	30-44		A37
Feldespató, tamizado hasta ½-pulgada	70-85	38	18	B36
Feldespató, trozados de 1 ½ a 3-pulgadas	90-110	34	17	D36
Ferroso, carbonato	85-90	30-44		B36
Ferroso, sulfato	50-75			C36
Ferroso, sulfuro	120-135	20-29		C36
Flúor, espato, tamizado hasta ½ pulgada	85-105	45		C46
Flúor, espato, trozos de 1 ½ a 3 pulgadas	110-120	45		D46
Fosfato en piedra, partido, seco	75-85	25-29	12-15	D26
Fosfato en piedra, pulverizado	60	40	25	B36
Fosfato, ácido, fertilizante	60	26	13	B25T
Fosfato, triple súper, fertilizante molido	50-55	45	30	B45T
Frijoles, castor, entero	36	20-29	8-10	C25W
Frijoles, castor, harina de	35-40			B15W
Frijoles, navy, secos	48	29		C25
Frijoles, navy, steeped	60	35-40		C35
Gelatina, granulada	32	20-29		C25Q
Girasol, semillas de	19-38	20		C25
Gluten harina	40	30-44		B35P
Grafito, en laminilla	40	30-44		C35
Grafito, flour	28	20-29		A25
Grafito, mineral de	65-75	30-44		D37
Gramma, semilla	10-12	30-44		B35NY
Granito, cernido hasta ½ - pulgada	80-90	20-29		C27
Granito, quebrado	95-100	30-44		D37
Granito, trozos de 1 ½ a 3 pulgadas	85-90	20-29		D27
Grano fermentado, usado, húmeda	55-60	45		C45T
Grano fermentado, usado, seca	25-30	45		C45
Grano, refinado, extraído húmedo	40-60	45		C45V
Grano, refinado, extraído, seco	30	30-44		E35WY
Grava, extraída de mina	90-100	38	20	
Grava, guijarros	90-100	30	12	D36
Grava, seca, filosa	90-100	30-44	15-17	D37
Guano, seco	70	20-29		B26
Guisante, seco	45-50			C15NQ
Hielo, chancado	35-45	19		D16
Hierro fundido, virutas de	90-120	45		C46
Hierro, mineral de	100-200	35	18-20	*D36
Hierro, mineral de, granulado	116-130	30-44	13-15	D37Q
Hierro, esponja	100-135	30-44		
Hierro, sulfato	50-75	30-44		C35



Hierro, sulfuro	120-135	30-44		D36
Hollín, hogar de caldera seca	35-40	20		A17MTY
Hueso calcinado	27-40	30-44		B36
Hueso, harina de	50-60	30-44		B36
Huesos	34-40	45		*C46
Ilmenita, mineral de	140-160	30-44		B37
Jabón en botones o granulos	15-25	30-44		C35Q
Laca	80	45		C45
Laca, pulverizada o granulada	31			B35PY
Lactosa	32	30-44		A35PX
Leche, entera, en polvo	20	30-44		B35PUXY
Leche, seca polvo	36	45		B45P
Leche, seca, en laminillas	5-6	30-44		B35MPY
Leche, seca, malteada	30-35	45		A45PX
Lignita, secada al aire	45-55	30-44		*D35
Linaza, aglutinada, menuda	50	30-44		C35W
Linaza, harina de	27	34	20	B35
Lúpulo, extraído, húmedo	50-55	45		E45T
Lúpulo, extraído, seco	35	45		E45
Madera, astillas de	10-30	45	27	E45WY
Madera, astillas de, para combustible	15-25	45		D45
Madera, virutas de	8-15			E45V
Magnesio, cloruro de	33	40		C45
Magnesio, sulfato de	40-50	30-44		B35
Magnesio, sulfato de	40-50	30-44		
Maíz, molido	37-50	30-44		C35
Maíz, azúcar de	31	30-44		B35
Maíz, desgranado	45	21	10	C25NW
Maíz, deshecho de	40-45	30-44		B35W
Maíz, germen de	21			B35W
Maíz, harina de	32-40	35	22	B35W
Maíz, mazorcas de	56			
Maíz, partido	45-50			C35W
Malta, harina de	36-40	30-44		B35
Malta, húmeda o verde	60-65	45		C45
Malta, seca, entera	27-30	20-29		C25N
* Malta, seca, molida, 1/8 pulgada	22	30-44		B35NR
Manganeso, dióxido de	80			*
Manganeso, mineral de	125-140	39	20	D37
Manganeso, oxido de	120	30-44		A36
Manganeso, sulfato de	70	30-44		C37
Maní, con cáscara	15-24	30-44		D35Q
Maní, sin cáscara	35-45	30-44		C35Q
Marga (arcilla calcárea)	80	30-44		C37
Mármol, chancado, hasta 1/2 pulgada	80-95	30-44		D37
Mica, laminillas	17-22	19		B16MY
Mica, triturada	13-15	34	23	*B36
* Molybdenita, pulverizada	107	40	25	B35
Molibdeno, mineral de	107	40		B36
Monosódico, fosfato de	50	30-44		B36
Mostaza, semilla de	45-48	20-29		B25N
Niacina	35	30-44		B36
Niquel – cobalto, sulfato de, mineral de	80-150	30-44		*D37T
Nuez, cáscara de	35-45	30-44		B37

Pescado, deshecho de	40-50			E45W
Pescado, harina de	35-40			B45W
Petróleo, coque de (ver coque)	-			
Piedra pómez, hasta 1/8 de pulgada	40-45	45		B47
Pirítas, en granos	120-130	30-44		C36T
Pirítas, hierro, trozos de 2 a 3 pulgadas	135-145	20-29		D26T
Plomo, arseniato	72	45		B45R
Plomo, carbonato de	240-260	30-44		A36MR
Plomo, mineral de	200-270	30	15	*B36RT
Plomo, óxido de	60-150	45		B45
Plomo, óxido de, pulverizado	200-250	30-44		A36
Plomo, silicato, granulado	230	40		B36
Plomo, sulfato, pulverizado	184	45		B46
Plomo, sulfuro	240-260	30-44		A36
Poliestireno, en granos	35	23		B25PQ
Polietileno, en granos	35	23		B25PQ
Polivinilo, cloruro de	20-30	45		A45KT
Potasio, carbonato de	51	20-29		B26
Potasio, carbonato de (muriato), extraído de mina	75	30-44		D37
Potasio, carbonato de (muriato), seco	70	20-29		B27
Potasio, cloruro de, en granos	120-130	30-44		C36T
Potasio, nitrato de	76-80	20-29		C26T
Potasio, sulfato de	42-48	45		B36X
Potasio, carbonato de, extraído de montaña	80	20-29		B25T
Protosulfuro (principalmente sulfuro)	240-260	30-44		A36
Pulpa de papel, para almacenamiento	40□ }-60	19		*E15MV
Remolacha, entera	48	50		D45
Remolacha, pulpa de, húmeda	25-45			E46
Remolacha, pulpa de, seca	12-15			E45
Roca trapeana, cernida hasta 1/2 pulgada	90-100	30-44		C37
Roca trapeana, en trozos de 2 a 3 pulgadas	100-110	30-44		D37
Roca, blanda, excavada con pala	100-110	30-44	22	D36
Roca, chancada	125-145	20-29		D26
Sal aglutinada, seca, gruesa	85	36	21	B36TW
Sal aglutinada, seca, pulverizada	66-85	20-29		B26NT
Sal, común seca, fina	70-80	25	11	D26TUW
Sal, común seca, gruesa	40-55	18-22		C36TU
Salicílico, ácido	29			B25U
Salitre	80	30-44		A35T
Semilla de algodón, aglutinada, chancada	4045	30-44		B35
Semilla de algodón, aglutinada, trozos	40-45	30-44		D35W
Semilla de algodón, cáscara	12	45		*B45Y
Semilla de algodón, harina de	35-40	35	22	B35W
Semilla de algodón, pulpa de	40	30-44		B35W
Semilla de algodón, seca, hilazada	22-40	29	16	C35W
Semilla de algodón, seca, no hilazada	18-25	35	19	C35W
Semilla de melaza	45	21	12	B25NW
Semilla de melaza, harina de	25	30-44		B35W
Sienita nefelínica	90-105	30-44		B36
Silica gel (ácido sílico), seca	45	30-44		C37U
Soda cáustica	88	29-43		A36
Soda, cenizas de, briquetas	50	22	7	C26
Soda, cenizas de, ligera	20-35	37	22	A36Y
Soda, cenizas de, pesada	55-65	32	19	B36
Sodio y aluminio de, sulfato	75	30-44		A36

Sodio, aluminato de, molido	72	30-44		B36
Sodio, antimoniato de, chancado	49	31		C36
Sodio, fosfato de	50-65	37		B36
Sodio, nitrato de	70-80	24	11	*D25
Sodio, sulfito de, seco	96	45		B45X
Sorgo, no azucarado, mazorca	56	30-44		C35N
Sorgo, semilla de	32-52	30-44		B36
Soya, frijol de, aglutinado, mayor de 1/2 pulgada	40-43	32	17	D35W
Soya, frijol de, entero	45-50	21-28	12-16	C27NW
Soya, frijol de, harina, en caliente	40	30-44		B35T
Soya, frijol de, harina, en frío	40	32-37	16-20	B35
Soya, frijol de, hojuelas, en bruto	20-26	30-44		C35Y
Soya, frijol de, partido	30-40	35	15-18	C36NW
Sulfato, chancado, hasta 1/2 pulgada	50-60	30-44	20	C35NS
Sulfato, hasta 3 pulgadas	80-85	30-44	18	D35NS
Sulfato, pulverizado	50-60	30-44	21	B35NW
Tabaco, deshechos de	15-25	45		D45Y
Tabaco, hojas de, secas	12-14	45		E45QV
Tabaco, tallos	15	45		E45Y
Taconita, granulado	116-130	30-44	13-15	D37Q
Talco, cernido hasta 1/2 pulgada	80-90	20-29		C25
Talco, en trozos de 1 1/2 a 3 pulgada	85-95	20-29		D25
Tierra de excavación seca	70-80	35	20	B36
Tierra húmeda, conteniendo arcilla	100-110	45	23	B46
Timothy, semilla de	36	20-29		B25NY
Titanio esponja	60-70	45		E47
Titanio, dióxido	140	30-44		B36
Trébol, semilla de	48	28	15	B25N
Tricálcico, fosfato	21-50	45 +		A45
Trigo	45-48	28	12	C25N
Trigo negro	37-42	25	11-13	B25N
Trigo, germen de, seco	18-28	20-29		B25
Trigo, harina de	35-40	45	21	A45PN
Trigo, molido	35-45	30-44		B35N
Trisódico, fosfato	60			D36
Trisódico, fosfato, en granos	60	30-44	11	B35
Trisódico, fosfato, pulverizado	50	40	25	B35
* Urea en habas, seca	43-46	25		B25
Vermiculita, esparcido	16	45		C45Y
Vermiculita, mineral de	70-80		20	D36Y
Vidrio deshecho	80-120	30-44	20	D37Z
Vidrio, fibra de (fibra de vidrio textil)	45-55	0-10		A16LM
Vidrio, fibra de (lana y contenedor)	80-100	30-44	20-22	D38Z
Y eso en trozos	75-85	45		D46
Y eso, cernido hasta 1/2-pulgada	70-80	40	21	C36
Y eso, trozos de 1 1/2- to 3-pulgada	70-80	30	15	D36
Zinc concentrado	75-80			B26
Zinc, mineral de, calcinado	110	38		C36
Zinc, mineral de, chancado	160	38	22	*
Zinc, óxido de, pesado	30-35	45-55		A45X
Zinc, óxido, ligero	10-15	45		A45XY

\* Puede variar considerablemente – consulta a un miembro CEMA

## Capítulo 4

---

# Capacidades, Anchos y Velocidades de Faja

### Contenido

**Anchos de faja.**

**Consideraciones del tamaño de trozo.**

**Velocidades de faja.**

**Máximas velocidades generales recomendadas para materiales específicos**

**Capacidades de la faja transportadora.**

**Areas de carga de fajas acanaladas.**

**Areas de carga de faja planas.**

**Tablas de capacidad y su uso.**

## **Anchos de Faja**

---

El ancho de la faja se expresa habitualmente en pulgadas. Los anchos tratados en este manual y que están disponibles por los fabricantes de fajas transportadoras en Estados Unidos y son como sigue: 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84, y 96 pulgadas.

Generalmente, para una velocidad dada, el ancho y la capacidad de la faja transportadora se incrementan juntos. Sin embargo, el ancho de las fajas más estrechas, pueden determinarse por el tamaño de trozo manejado. Las fajas deben ser lo bastante anchas para que cualquier combinación de trozos comunes y el material más fino, no haga que los trozos estén demasiado cerca del borde de la faja transportadora. También, las dimensiones interiores de los chutes de carga y la distancia entre faldones deben ser suficientes para dejar pasar variadas combinaciones de trozos sin bloquearse.

## **Consideraciones del tamaño de trozo**

---

El tamaño de trozo influye en las especificaciones de la faja y en la elección de los rodillos de transporte. Existe, también, una relación empírica entre el tamaño del trozo y el ancho de la faja.

El tamaño máximo recomendado del trozo para varios anchos de faja es como sigue: Para una sobrecarga de 20°, con 10% de trozos y 90% de finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es 1/3 del ancho de la faja ( $b/3$ ). Con todo en trozos y sin finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es de 1/5 del ancho de la faja ( $b/5$ ).

Para una sobrecarga de 30°, con 10% de trozos y 90% de finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es 1/6 del ancho de la faja ( $b/6$ ). Con todo en trozos y sin finos, el tamaño máximo recomendado del trozo es 1/10 del ancho de la faja ( $b/10$ ).

Otra manera de determinar el ancho de la faja, para un tamaño de trozo específico se ilustra en la Figura 4.1. Esta simple gráfica muestra el ancho de la faja necesario para un trozo de tamaño dado, para las varias proporciones entre trozos y finos, y para varios ángulos de sobrecarga.

## **Velocidades de faja**

---

Las velocidades convenientes dependen en gran medida de las características del material a ser transportado, la capacidad deseada, y las tensiones de la faja empleadas.

Los materiales polvorientos deben ser transportados a velocidades suficientemente bajas para minimizar la formación de polvo, particularmente en los puntos de carga y descarga. Los materiales frágiles también limitan las velocidades de faja. Las velocidades bajas son necesarias para que la degradación de materiales frágiles no ocurra en puntos de carga y descarga, cuando la faja transportadora y el material transportado sean desplazados sobre rodillos.

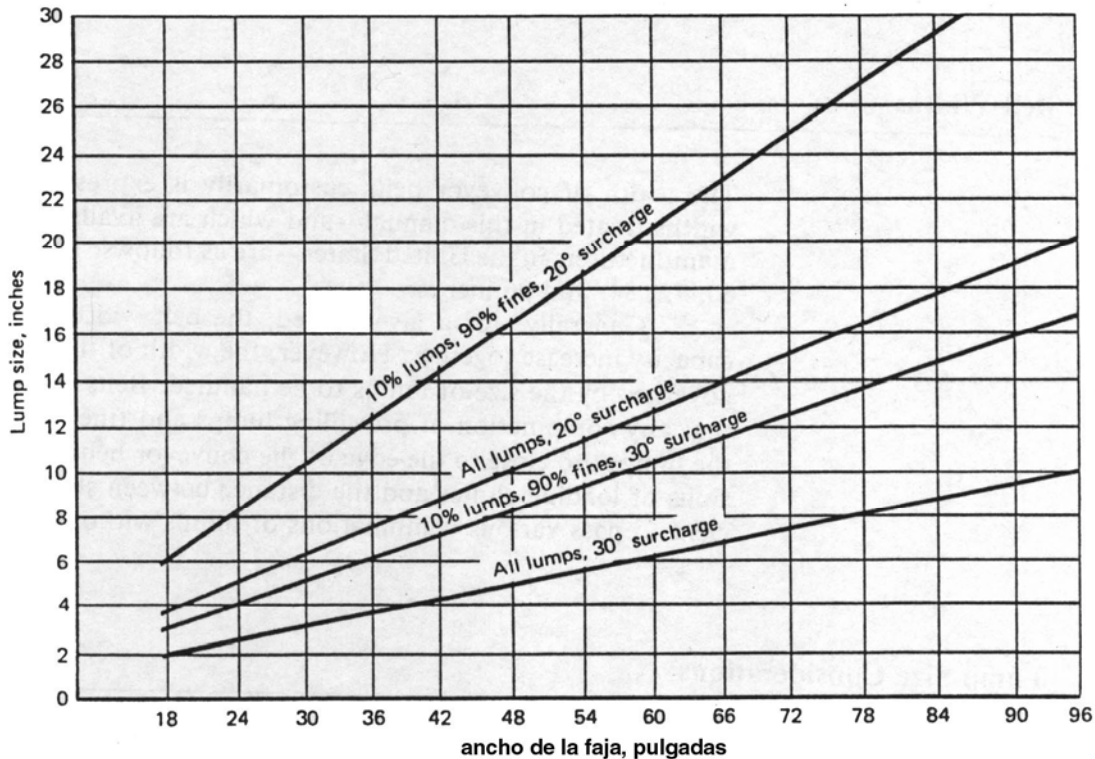


Figura 4.1. Anchos necesarios para tamaño de trozo dados. Finos: no mayores que 1/10 del tamaño máximo de trozo.

Los materiales pesados, de filos cortantes deben transportarse a velocidades moderadas. Ésta es una buena práctica debido a la probabilidad de que los bordes afilados desgasten la cubierta de la faja indebidamente, en particular si la velocidad del material en la dirección de la faja es apreciablemente menor a la velocidad de la faja.

Se muestran recomendaciones generales para las velocidades máximas de fajas transportadoras en la Tabla 4-1.

Bajo una carga y condiciones del trasferencia favorables, para fajas acanaladas con anchos mayores a 30", para materiales finos, arena húmeda, hulla, tierra sin trozos grandes, y piedra chancada; se usan velocidades mayores a las especificadas en la Tabla 4-1. Un incremento en la velocidad, permite disminuciones en el ancho y tensión de la faja . Sin embargo, estos beneficios deben compararse con la posible desventaja del incremento en el desgaste de la faja, la degradación del material, las pérdidas por viento, el impacto de los trozos sobre los rodillos de transporte, y, en general la duración reducida de todos los componentes del transportador. Consulte a una compañía miembro CEMA cuando considere operaciones a altas velocidades.

El diseño del área de carga y de la descarga del material sobre la polea motriz, también se debe considerar, al escoger la velocidad de faja. Si el material es fino y está seco y la velocidad de faja es alta, el empolvamiento del material no se puede tolerar. También, si el material es pesado o contiene trozos grandes, o si los bordes de la partícula son angulares y afilados, una velocidad alta de descarga puede causar el desgaste indebido en los chutes de descarga o transferencia.

### Capacidades de la faja transportadora

Para una velocidad dada, las capacidades de la faja transportadora aumentan como el aumento del ancho de faja. También, la capacidad de una faja depende del ángulo de sobrecarga y de la inclinación de los rodillos laterales del los arreglos acanalados de tres rodillos.

**Tabla 4-1**  
**Las Velocidades de Cinturón de Máximo recomendadas**

Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	Ancho de la faja (pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de desperdicio, piedra chancada fina. □	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	mayor de 36
Arena de Fundición, preparada o húmeda; arena molida con pequeños núcleos, con o sin pequeñas piezas de fundición (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Arena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores.	200, salvo pulpa de madera dónde 300 a 400 son preferibles	Cualquier ancho
Fajas Alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas y recipientes.	50 a 100	Cualquier ancho

La sección transversal nominal del material, en una faja es medida en un plano normal a la faja. En un transportador inclinado de pendiente positiva o negativa, el material tiende a formar un ángulo de sobrecarga como el que se mide en un plano vertical. Esto disminuye el área,  $A_s$ , con el coseno del ángulo de pendiente del transportador. Vea la Figura 4.2. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la pérdida real de capacidad es muy pequeña.

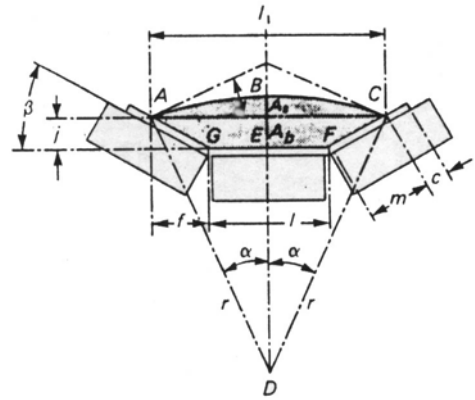
Asumiendo una alimentación uniforme al transportador, el área de la sección transversal de la carga en la faja transportadora es el factor determinante de la capacidad de la faja transportadora. En este manual, el área de la sección transversal se basa en las dos condiciones siguientes. Primero, la carga del material en la faja acanalada no se extiende de los bordes de la faja. La distancia de los bordes del material cargado a los bordes de la faja se fija como "distancia normal de borde", que se define como  $0.055b + 0.9$  pulgadas, dónde  $b$  es el ancho de la faja en pulgadas. A lo largo de este manual, la distancia normal de borde se asume a menos que se especifique por otro medio. Segundo, la cima de la carga del material es el arco de una tangente al círculo, en los bordes de la carga, al ángulo de sobrecarga.

#### **Áreas de Carga de Fajas Acanaladas - Distancia Normal de Borde**

Refiriéndose a la Figura 4.2, el área de la sección transversal de carga se divide en dos partes. Uno es el área trapezoidal,  $A_b$ ; el otro es el área del segmento circular  $A_s$ , que se conoce como área de sobrecarga. La suma de estas dos áreas ( $A_b + A_s$ ) es igual a  $A_t$ , que es el área total de la sección transversal.

Figura 4.2 Area de carga de la sección transversal

- $\alpha$  = ángulo de sobrecarga, en grados
- $\beta$  = ángulo del rodillo, en grados
- $A_s$  = área de sobrecarga, en pulgadas cuadradas
- $A_b$  = área trapezoidal de la base, en pulgadas cuadradas
- $l$  = longitud, uno de los bordes del área trapezoidal
- $l_1$  = longitud, otro de los bordes del área trapezoidal
- $j$  = altura del área trapezoidal, en pulgadas
- $m$  = longitud biselada del trapecoide
- $r$  = radio del arco de sobrecarga, en pulgadas
- $f$  = proyección horizontal del lado biselado del trapecoide, en pulgadas
- $c$  = distancia límite, límite del material hacia el límite de la faja, en pulgadas
- $b$  = ancho de la faja, en pulgadas
- distancia límite standard  $c = 0.055b + 0.9$ , en pulgadas



Basado en un análisis del arreglo de tres rodillos iguales de 8 fabricantes, la longitud de la superficie plana del rodillo central mide 0.371b, donde b es el ancho de la faja en pulgadas. El análisis gráfico a escala completa de una faja del 5 pliegues con cubiertas de 1/8 y 1/32 de pulgada, descansando sobre arreglos acanalados de tres rodillos de igual longitud, indica que la distancia plana en la superficie de transporte de la faja sobre el centro del rodillo es 1/4" mayor que la longitud de rodillo de centro. Así:

Area Trapezoidal,  $A_b$

1. Area del trapecoide (AECFG)  $A_b = \frac{l + l_1}{2} j$
  2. Ancho de la faja,  $b = l + 2m + 2c$
  3.  $l_1 = l + 2f$   
 $f = m \cos b$   
 $l = 0.371b + 0.25$   
 $c = 0.055b + 0.9$   
 $b = 0.371b + 0.25 + 2m + 2(0.055b + 0.9)$   
 $2m = b - 0.481b - 2.05$   
 $m = 0.2595b - 1.025$   
 $f = m \cos b = (0.2595b - 1.025) \cos b$   
 $2f = 2(0.2595b - 1.025) \cos b$   
 $l_1 = 0.371b + 0.25 + 2(0.2595b - 1.025) \cos b$
  4.  $\frac{l + l_1}{2} = \frac{0.371b + 0.25 + 0.371b + 0.25 + 2(0.2595b - 1.025) \cos b}{2}$   
 $= 0.371b + 0.25 + (0.2595b - 1.025) \cos b$
  5.  $j = m \sin b$   
 $j = (0.2595b - 1.025) \sin b$
  6. Area del trapecoide  $A_b = \frac{l + l_1}{2} j$
- o,



$$[0.371b + 0.25 + (0.2595b - 1.025) \cos \beta] * [(0.2595b - 1.025) \sin \beta]$$

Area (sobrecarga) del segmento circular,  $A_s$

$$7. \quad \text{Area del sector completo (ABCD)} = \frac{p r^2 2 a}{360}$$

$$8. \quad \text{Area del triángulo (AECD)} = \frac{r^2 \sin 2a}{2}$$

$$9. \quad \text{Area del segmento (ABCE) } A_s = \frac{p r^2 2 a}{360} - \frac{r^2 \sin 2a}{2}$$

o

$$\text{Area } A_s = r^2 \frac{\pi \alpha}{180} - \frac{\sin 2 \alpha}{2}$$

$$10. \quad r = \frac{0.5 l_1}{\sin \alpha} = \frac{l_1}{2 \sin \alpha}$$

$$r = \frac{0.371b + 0.25 + 2(0.2595b - 1.025) \cos \beta}{2 \sin \alpha}$$

$$= \frac{0.1855b + 0.125 + (0.2595b - 1.025) \cos \beta}{\sin \alpha}$$

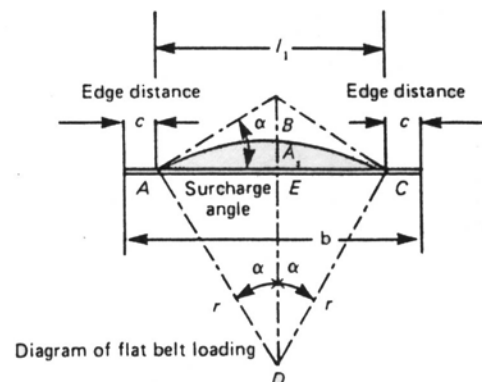
$$11. \quad A_s = \frac{0.1855b + 0.125 + (0.2595b - 1.025) \cos \beta}{\sin \alpha} * \frac{\pi \alpha}{180} - \frac{\sin 2 \alpha}{2}$$

$$12. \quad \text{Area total, } A_t \text{ (ft}^2\text{)} = \frac{A_b + A_s}{144}$$

### Areas de carga de fajas planas – Distancia límite standard

Figura 4.3 Carga en Fajas Planas

Estos valores dados en las tablas son aproximadamente la mitad de la capacidad de una faja abarquillada en rodillos de 20°, cargados a un ángulo de sobrecarga de 25°.



$$1. \text{ Area del sector (ABCD)} = \frac{2 \pi r^2 \alpha}{360} = \frac{\pi r^2 \alpha}{180}$$

$$2. \text{ Area del triángulo (CDE)} = \frac{(r \cos \alpha) (r \sin \alpha)}{2} = \frac{r^2 \sin 2 \alpha}{4}$$

$$\text{Area del triángulo (ACD)} = \frac{2 r^2 \sin 2 \alpha}{4} = \frac{r^2 \sin 2 \alpha}{2}$$

$$2. \quad l_1 = 2 EC = 2 r \sin \alpha \quad r = \frac{l_1}{2 \sin \alpha}$$

Para distancias límites standard,  $c = 0.055b + 0.9$  pulgadas

$$l_1 = b - 2c = b - 2(0.055b + 0.9) = 0.890b - 1.8$$

$$r = \frac{0.890b - 1.8}{2 \sin a} = \frac{0.445b - 0.9}{\sin a}$$

$$3. \quad A_s = \frac{0.455b - 0.9}{\sin a} * \frac{p a \sin 2 a}{180 \cdot 2}$$

$$4. \quad \text{Para fajas planas, el área total } A_t \text{ (ft}^2\text{)} = \frac{A_s}{144}$$

### Tablas de Capacidad para Fajas Transportadoras y Su Uso

---

Las capacidades para fajas transportadoras acanaladas y planas se muestran en las Tablas 4-2 hasta 4-5. Estas tablas están dadas para arreglos acanalados de 20°, 35°, y 45° para las fajas planas; para varios ángulos de sobrecarga que corresponden a las características de desmoronamiento de los materiales a ser transportados; y para velocidades de la faja de 100 ppm.

Para hacer mejor uso de estas tablas, deben seguirse los siguientes ocho pasos:

1. Con referencia a las Tablas 3-1 y 3-3, determine el ángulo de sobrecarga del material. El ángulo de la sobrecarga, promedio, será de 5° a 15° menor que el ángulo de reposo.
2. Con referencia a la Tabla 3-3 para determinar la densidad del material en libras por pie cúbico (lb/ft<sup>3</sup>).
3. Escoja la forma de rodillo adecuado al material y al problema de llevado. Haga referencia al Capítulo 5.
4. Con referencia a la Tabla 4-1, "Velocidades Máximas Recomendadas". Seleccione una velocidad de la faja transportadora conveniente.
5. Convierta el tonelaje deseado por hora (tph) a ser transportado al equivalente en pies cúbicos por hora (t<sub>v</sub>/hr).

$$\text{ft}^3/\text{hr} = \frac{\text{tph} * 2000}{\text{densidad del material}}$$

6. Convierta la capacidad deseada en pie cúbico por hora a la capacidad equivalente a una velocidad de faja de 100 ppm.

$$\text{Capacidad (equivalente)} = (\text{ft}^3/\text{hr}) * \frac{100}{\text{Velocidad actual de la faja (fpm)}}$$

7. Usando la capacidad equivalente encontrada, y haciendo referencia a la Tabla 4-2 hasta la Tabla 4-5, encuentre el ancho de la faja apropiado.

8. Si el material está en trozos, verifique el ancho de la faja seleccionada con las curvas de la Figura 4.1. El tamaño del trozo puede determinar el ancho de la faja, en los casos en que la velocidad de la faja seleccionada puede requerir una revisión.

**Tabla 4-2**  
**Faja abarquillada de 20° - Distancia standard al borde de tres rodillos iguales = 0.055b + 0.9 pulg**

Ancho de la faja (pulg)	A <sub>t</sub> – Sección transversal de carga (pie <sup>2</sup> )							Capacidad en 100 PPM (pie <sup>3</sup> /Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.089	0.108	0.128	0.147	0.167	0.188	0.209	537	653	769	886	1005	1128	1254
24	0.173	0.209	0.246	0.283	0.320	0.359	0.399	1041	1258	1477	1698	1924	2155	2394
30	0.284	0.343	0.402	0.462	0.522	0.585	0.649	1708	2060	2414	2772	3137	3511	3897
36	0.423	0.509	0.596	0.684	0.774	0.866	0.960	2538	3057	3579	4107	4645	5196	5765
42	0.588	0.708	0.828	0.950	1.074	1.201	1.332	3533	4250	4972	5703	6447	7210	7997
48	0.781	0.940	1.099	1.260	1.424	1.592	1.765	4691	5640	6594	7560	8544	9552	10592
54	1.002	1.204	1.407	1.613	1.822	2.037	2.258	6013	7225	8444	9678	10935	12223	13552
60	1.249	1.501	1.753	2.009	2.270	2.537	2.812	7498	9006	40522	12057	13621	15223	16876
72	1.826	2.192	2.560	2.933	3.312	3.701	4.102	10961	13155	15364	17599	19876	22210	24617
84	2.513	3.014	3.519	4.030	4.551	5.085	5.635	15079	18089	21119	24186	27309	30511	33813
96	3.308	3.967	4.631	5.302	5.986	6.687	7.411	19850	23806	27787	31816	35921	40128	44466

**Tabla 4-3**  
**Faja abarquillada de 35° - Distancia standard al borde de tres rodillos iguales = 0.055b + 0.9 pulg**

Ancho de la faja (pulg)	A <sub>t</sub> – Sección transversal de carga (pie <sup>2</sup> )							Capacidad en 100 PPM (pie <sup>3</sup> /Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.144	0.160	0.177	0.194	0.212	0.230	0.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	0.278	0.309	0.341	0.373	0.406	0.440	0.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	0.455	0.506	0.557	0.609	0.662	0.716	0.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	0.676	0.751	0.826	0.903	0.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	0.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14850	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

**Tabla 4-4**

**Faja abarquillada de 45° - Distancia standard al borde de tres rodillos iguales = 0.055b + 0.9 pulg**

Ancho de la faja (pulg)	$A_t$ – Sección transversal de carga (pie <sup>2</sup> )							Capacidad en 100 PPM (pie <sup>3</sup> /Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	0.170	0.184	0.199	0.214	0.230	0.245	0.262	1021	1109	1198	1289	1380	1475	1572
24	0.327	0.355	0.383	0.411	0.439	0.469	0.499	1967	2132	2299	2467	2638	2814	2996
30	0.536	0.580	0.625	0.670	0.716	0.763	0.812	3218	3484	3752	4023	4299	4581	4873
36	0.795	0.860	0.926	0.992	1.060	1.129	1.200	4775	5165	5558	5955	6360	6775	7204
42	1.106	1.195	1.286	1.377	1.470	1.566	1.664	6636	7175	7717	8265	8824	9397	9987
48	1.467	1.585	1.704	1.825	1.948	2.074	2.204	8803	9514	10229	10953	11690	12445	13224
54	1.879	2.030	2.182	2.336	2.492	2.653	2.819	11276	12182	13094	14017	14957	15921	16915
60	2.342	2.529	2.718	2.909	3.104	3.303	3.509	14053	15179	16312	17458	18626	19823	21059
72	3.420	3.693	3.967	4.245	4.528	4.818	5.117	20524	22160	23807	25473	27171	28910	30705
84	4.702	5.076	5.452	5.832	6.220	6.617	7.027	28216	30458	32713	34997	37322	39706	42165
96	6.188	6.678	7.172	7.671	8.180	8.701	9.239	37128	40071	43032	46029	49081	52210	55437

**Tabla 4-5**

**Distancia límite standard de capacidad de la faja plana = 0.055b + 0.9 pulg**

Anchura de la faja (pulg)	$A_s$ – Sección transversal de carga (pie <sup>2</sup> )							Capacidad en 100 PPM (pie <sup>3</sup> /Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18		0.020	0.041	0.062	0.083	0.105	0.127		123	246	372	498	630	762
24		0.039	0.077	0.117	0.157	0.198	0.241		232	466	702	942	1190	1444
30		0.063	0.126	0.190	0.255	0.321	0.390		376	756	1137	1527	1928	2340
36		0.092	0.185	0.280	0.376	0.474	0.575		555	1113	1677	2253	2844	3450
42		0.130	0.257	0.387	0.520	0.656	0.796		768	1540	2322	3120	3936	4776
48		0.169	0.340	0.512	0.688	0.868	1.053		1016	2037	3072	4126	5208	6318
54		0.216	0.434	0.654	0.879	1.109	1.346		1298	2604	3927	5273	6654	8076
60		0.269	0.540	0.814	1.093	1.380	1.675		1614	3240	4885	6560	8278	10050
72		0.392	0.786	1.186	1.593	2.010	2.440		2353	4720	7116	9558	12060	14640
84		0.538	1.080	1.628	2.186	2.758	3.349		3229	6478	9767	13117	16550	20091
96		0.707	1.419	2.139	2.873	3.625	4.400		4243	8514	12835	17238	21750	26404

## Capítulo 5

---

# Arreglos para Faja Transportadora

### Contenido

**Requisitos y clasificaciones.**

**Tipos generales de arreglos de faja transportadora.**

**Rodillos de transporte abarquillado;**

**Rodillo de impacto,**

**Rodillos Guía**

**Rodillos suspendidos,**

**Rodillo de retorno;**

**Rodillo doble de retorno en "V"**

**Espaciamiento de rodillos**

**Selección de rodillos**

**Clasificación de los rodillos**

**Alineamiento de la faja.**

## Requisitos de los rodillos

---

Los requerimientos importantes para los rodillos son el soporte y la protección apropiada para la faja y el apoyo apropiado para la carga que está siendo transportada.

Las rodillos de faja transportadora para materiales a granel son diseñados para incorporar polines de varios diámetros. Los rodillos son fijados con rodamientos y sellos, que están montados en ejes.

La fuerza de fricción del polín influye en la tensión de la faja y, por consiguiente, en la potencia requerida. El diámetro del polín, el diseño de los rodamientos, y los requisitos de los sellos, constituyen los factores que más afectan la fuerza de fricción.

En este manual no se discute las ventajas relativas a los diferentes tipos de rodamientos usados, ni tampoco de los sellos para la protección de los mismos, contra la suciedad y la humedad o su capacidad de retener el lubricante. Cada fabricante de rodillos para faja transportadora, escoge un particular arreglo sello - rodamiento. Estos fabricantes han invertido mucho ingenio proporcionar los rodillos más apropiados.

## Clasificación de los Rodillos

---

La selección del diámetro de rodillo apropiado, el tamaño del rodamiento y del eje; se basan en el tipo de servicio, las condiciones de operación, la carga transportada, y la velocidad de la faja. Para facilitar y realizar con exactitud la selección de los rodillos, los diferentes diseños pueden agruparse en las clasificaciones mostradas en la Tabla 5-1.

**Tabla 5-1**  
**Clasificación del rodillo**

Clasificación	Número de serie de la matriz	Diámetro del rodillo (pulgadas)	Descripción
A4	I	4	Servicio liviano
A5	I	5	“ ”
B4	II	4	“ ”
B5	II	5	“ ”
C4	III	4	Servicio medio
C5	III	5	“ ”
C6	IV	6	“ ”
D5	NA	5	“ ”
D6	NA	6	“ ”
E6	V	6	Servicio pesado
E7	VI	7	“ ”

## Tipos generales de Rodillos para faja transportadora

---

Hay dos tipos básicos de rodillos para faja transportadora: rodillos de transporte que soportan el tramo con carga de la faja transportadora; y los rodillos de retorno que sostienen el tramo vacío de retorno de la faja transportadora. Vea Figura 5.1 a 5.3.

*Rodillos Transportadores.* Tienen dos configuraciones generales. Una se usa para las fajas acanaladas y normalmente consiste de tres rodillos. Los dos rodillos exteriores están inclinados hacia arriba; el rodillo central está en posición horizontal. La otra configuración se usa para soportar las fajas planas. Este rodillo generalmente consiste en un sólo rodillo horizontal posicionado entre dos carteras que se fijan directamente a la estructura del transportador.

*Rodillos de Retorno.* Normalmente son rodillos horizontales, posicionados entre carteras que normalmente se fijan a la parte inferior de la estructura en la que los rodillos transportadores están montados. Los rodillos dobles de retorno en "V" se usan también para una mejor guía y para rangos de carga mayores.

Figura 5.1 Rodillos Acanalados

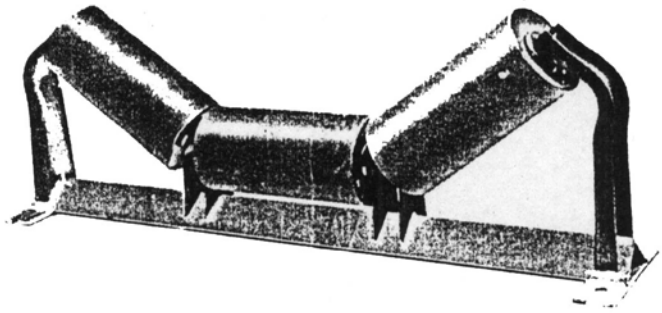


Figura 5.2 Rodillos de Faja Plana

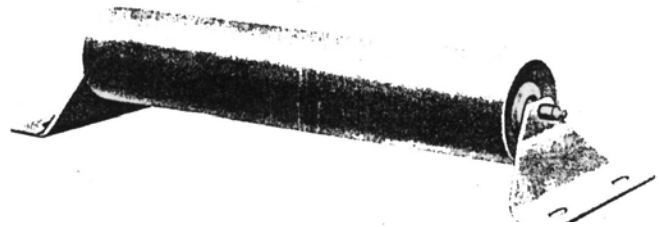


Figura 5.3 Rodillos de retorno



### Rodillos Transportadores Acanalados

Como las tablas de capacidad en el Capítulo 4 indican, las fajas acanaladas llevan mucho mayores tonelajes que las fajas planas, para el mismo ancho y velocidad de faja. Los rodillos de Transporte Acanalado son, por consiguiente, componentes muy importantes de los Transportadores de faja y Sistemas de Faja Transportadora, garantizada por una detallada discusión.

Los rodillos externos inclinados a ángulos de  $35^\circ$  y  $45^\circ$ , cuando proporcionan la mayor capacidad de transporte para un ancho dado, necesitan una gran flexibilidad transversal de la faja transportadora. Tales rodillos tienen una trayectoria más corta de aplicación que los rodillos de Transporte Acanalados inclinados  $20^\circ$ . Sin embargo, las mejoras en el diseño en general de fajas y materiales, han contribuido a la aceptación más amplia y el mayor uso de los rodillos de  $35^\circ$  y  $45^\circ$ .

Los Rodillos Abarquillados son fabricados en dos tipos generales, en línea y de desplazamiento. El más comúnmente usado está compuesto de tres rodillos en línea de igual longitud. Para un ancho dado de faja, una inclinación de los rodillos externos, y un ángulo de sobrecarga del material, los rodillos abarquillados de igual longitud acomodan la faja para dar la mejor forma de abarquillamiento para llevar una sección transversal con carga máxima.

Un abarquillamiento de desplazamiento se muestra en Figura 5.5. En este arreglo, los rodillos inclinados se localizan en un plano alterno al plano del rodillo horizontal. Éstos son populares en la industria de grano, donde se usan fajas muy delgadas, y en minería subterránea, donde la baja altura de la polea motriz es un problema. Otro arreglo en línea tiene un rodillo horizontal largo y dos cortos inclinados. Como este arreglo no acomoda la faja dada en un abarquillamiento para la sección transversal de máxima carga; es útil donde la carga debe ser extendida para la inspección, separación o clasificación manual. Los rodillos externos inclinados voltean los bordes de la faja para prevenir o minimizar el derramamiento. Se le conoce como rodillos separadores de faja. Vea la Figura 5.6.

Figura 5.4 Rodillos Abarquillados

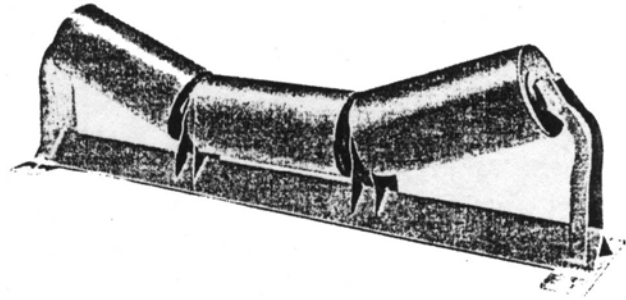


Figura 5.5 Rodillos Abarquillados de Desplazamiento

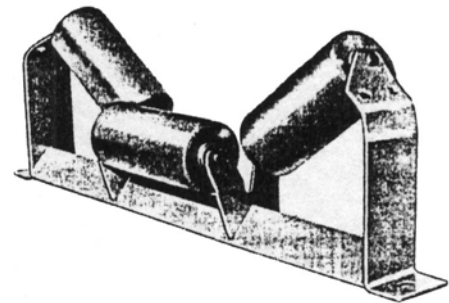


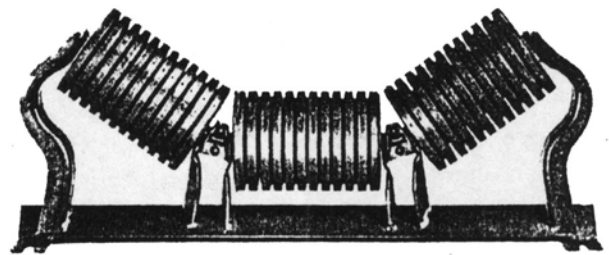
Figura 5.6 Rodillos Separadores de Faja



### Rodillos de Impacto

A veces llamados "rodillos amortiguadores," están hechos de un material elástico. Ellos se usan en puntos de carga donde el impacto resultante del tamaño del trozo y del peso del material manejado podría dañar seriamente la faja, si fuera el apoyo fuera rígido. Un tipo frecuentemente usado consiste en un ensamblado del tres rodillos, cada uno de los cuales está constituido por discos elásticos, espaciados. Rodillos de impacto similares son fabricados para sostener fajas planas. Vea las Figuras 5.7 y 5.8. Los rangos de carga de los rodillos de impacto no son más altos que los de los rodillos normales. Los discos elásticos normalmente se desgastan en favor de la protección de la faja.

Figura 5.7 Rodillos de Impacto Abarquillados de Amortiguamiento de Caucho





*Figura 5.8 Rodillos de Impacto para Faja Plana de Amortiguamiento de Caucho*



### **Rodillos Transportadores - Rodillos Guía.**

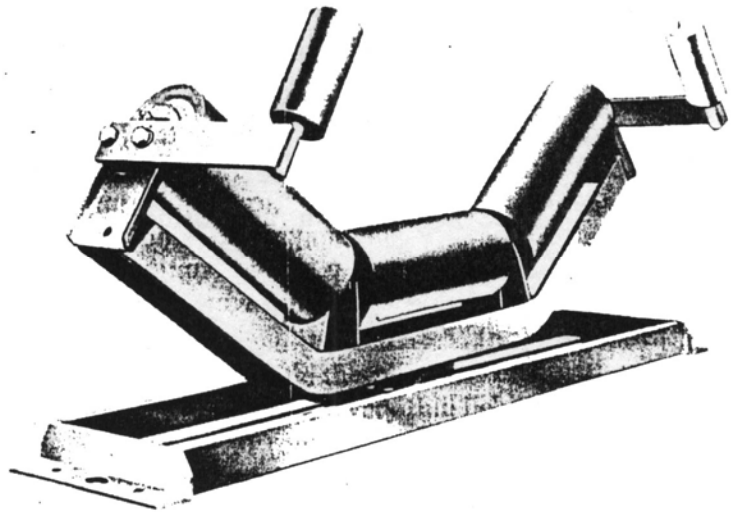
Hablando en general, los transportadores de faja bien diseñados, contruidos cuidadosamente y con mantenimiento; seguirán funcionando con la alineación apropiada sin la necesidad de rodillos guía especiales. Hay condiciones transitorias, sin embargo, que pueden ocasionar que la faja se afloje a pesar de todos los esfuerzos para asegurar una instalación y mantenimiento apropiados. Por esta razón, los fabricantes de transportadores también equipan las fajas con guías especiales, que con un apropiado mantenimiento, ayudarán a mantener la alineación de la faja en situaciones difíciles.

Los rodillos guía usuales tienen el bastidor del rodillo de transporte montado en un pivote central aproximadamente perpendicular a la faja transportadora. Se proporcionan los medios para lograr que los rodillos transportadores se sesguen con respecto a la línea central del transportador. Como la faja atraviesa los rodillos sesgados, ellos obligan a que la faja desplazada retorne a la línea central del transportador, haciendo que, los rodillos se vean obligados a regresar y tener un alineamiento apropiado. Vea la Figura 5.9.

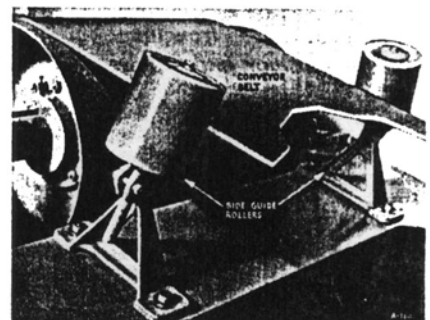
No se recomiendan los rodillos de guía fijos, ubicados perpendicularmente al borde de la faja transportadora porque el contacto continuo con el borde de la faja transportadora acelera el desgaste del borde de la faja, reduciendo la vida útil de la faja, apreciablemente. Vea la Figura 5.10.

En general, a mayores tensiones de faja, menor eficiencia de los rodillos guía.

*Figura 5.9 Rodillos Guía para Faja Abarquillada*



*Figura 5.10 Rodillo Guía Fijo típico, mostrando los polines guía de lado.*



## Rodillos Suspendingos

En este tipo, los rodillos (normalmente 3 o 5) van juntos y se suspenden de los largueros de la estructura del transportador. Estos rodillos suspendidos o colgantes asumen una forma parecida a la de una catenaria y se le llama así a veces, o rodillos de guirnalda. Es popular para transportadores de tierra de servicio pesado y de mineral. Normalmente se usa el arreglo de tres rodillos para el tramo cargado y el de cinco - rodillos, a veces se usa en los puntos de carga. No se recomiendan los discos elásticos en estos arreglos para los puntos de carga. Vea la Figura 5.11.

El arreglo suspendido es tolerante tanto a casos de alineación pobre y exigencia de trozos, debido a la conexión flexible entre polines. Pueden acondicionarse con un tipo de montaje de desprendimiento rápido que permite que el rodillo entero sea sacado y removido, rápidamente del servicio (en caso de falla del rodillo). Los rodillos guía generalmente no se usan en los arreglos suspendidos.

Figura 5.11. Arreglo Suspendido de Tres Rodillos



Estos arreglos pueden montarse en (ser suspendidos de) cualquier larguero rígido de la estructura (canales) o larguero de cable de acero.

## Rodillos de Retorno

Estos arreglos se acostumbran usar para soportar el tramo de retorno de la faja. Ellos normalmente se fijan por debajo de las platinas inferiores de los largueros que sostienen los rodillos de transporte. Es preferible que los rodillos de retorno se monten así para que el tramo de retorno de la faja sea visible por debajo de la estructura del transportador. En la Figura 5.12 se ilustra un rodillo de retorno típico.

Figura 5.12. Rodillos de Retorno

*Rodillos Planos de Retorno.* Consiste en un sólo rodillo largo, fijado en cada extremo por una carter de soporte. La longitud del rodillo, el diseño de la carter, y el espaciamento entre los agujeros de soporte deben permitir el movimiento transversal adecuado de la faja evitando que los bordes de la faja entren en contacto con cualquier parte estacionaria del transportador o de su estructura.

*Rodillos de Retorno Autolimpiables.* Una consideración importante en las aplicaciones del rodillo de retorno es la adhesión del material transportado en la superficie de la faja. El material puede ser abrasivo y puede desgastar la cubierta del rodillo de retorno. Una gran acumulación puede causar el desalineamiento del tramo de retorno de la faja.

Varios tipos de rodillos de retorno están disponibles para superar estas dificultades. Cuando los materiales pegajosos son un problema, los rodillos de retorno autolimpiables con disco de goma, o revestidos de caucho de forma helicoidal pueden ser usados. Los rodillos en forma de disco y de hélice presentan superficies muy estrechas para la adherencia y así reducen la tendencia de acumulación paulatina del material. Este tipo de rodillos de retorno a veces se llama, erróneamente, "rodillos limpiadores de faja". Aunque, tales rodillos hacen que el material adherido a la superficie de la faja "se desvíe" en el tramo de retorno, ellos no constituyen los dispositivos de limpieza de la faja. Vea las Figura 5.13 y 5.14.

Figura 5.13. Rodillos de Retorno de Disco de Goma



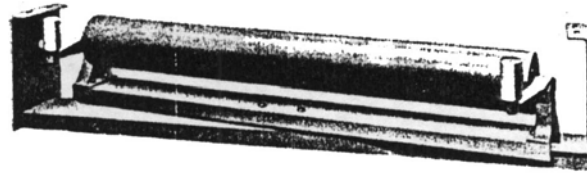
Figura 5.14. Rodillos de Retorno Autolimpiables de Hélice



En transportadores cortos, puede ser necesario equipar el todo el tramo de retorno con los rodillos autolimpiables. En tramos largos de retorno de la faja, es necesario usar estos rodillos sólo en los puntos dónde el material en la superficie de la faja ya no se adhiera ni se acumule en el rodillos normales de retorno. Más allá de estos puntos, pueden usarse los rodillos de retorno normales

**Rodillos de Retorno Guía.** Los rodillos de retorno de faja pueden ser montados de manera pivotante para guiar o alinear el tramo de retorno de manera similar a los rodillos guía previamente descritos para el tramo de transporte de la faja. Vea la Figura 5.15.

Figura 5.15 Rodillos de Retorno Guía



### Rodillos Dobles de Retorno en "V"

Con el incremento del uso pesado, de las fajas de tejido de alta tensión y fajas con alma de acero, la necesidad un mejor soporte y guía; ha ocasionado el desarrollo de los rodillos de retorno en "V". El rodillo de retorno en "V" más simple, consiste en dos rodillos, cada uno inclinado aproximadamente un ángulo de  $10^\circ$  a  $15^\circ$ . Estos rodillos son ambos del tipo Guimalda (suspendido) o de diseño rígido. Vea las Figuras 5.16 y 5.17. El rodillo de retorno en "V" tiene un poco del efecto guía en la faja, mientras que permite un mayor espaciamiento de los rodillos debido a su incremento de rango de carga.

Los rodillos de retorno en "V" pueden ser suministrados en diseños de acero o de discos de caucho. La experiencia de campo ha demostrado que el rodillo de acero es preferible porque los discos tienden a desgastarse rápidamente.

Figura 5.16 Rodillos Dobles de Retorno en "V", rígidos

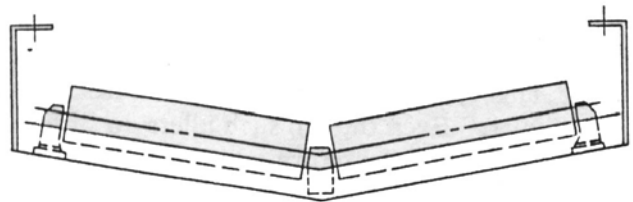


Figura 5.17 Rodillos Suspendidos Dobles de Retorno en "V"



## Espaciamiento entre rodillos

Los factores a considerar cuando se selecciona el espaciamiento para los rodillos son: el peso de la faja, el peso del material, el valor de carga del rodillo, la flecha, la vida útil de los rodillos, los rangos de carga de la faja, y tensión de la faja.

Si se permite que el valor de la flecha sea muy alto en una faja abarquillada cargada entre arreglos abarquillados, el material puede derramarse por encima de los bordes de la faja. Para el mejor diseño, y sobre todo en transportadores de faja abarquillada con una gran distancia entre centros, la flecha entre los rodillos debe limitarse como se describe en el Capítulo 6. La Tabla 5-2 muestra los espaciamientos normales recomendados en arreglos abarquillados para el uso práctico de ingeniería, en general, cuando el valor de flecha de la faja no se limita específicamente. Deben usarse estas cifras en el espaciamiento junto con la información sobre la selección de la flecha del Capítulo 6. El espaciamiento normalmente varía en incrementos de 6 pulgadas.

**Table 5-2**  
**Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (S)**

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados						Rodillos de retorno
	Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

\*El espaciamiento puede limitarse por el valor de la carga del rodillo. Vea los valores de carga de los rodillos en las Tablas 5-8 a5-12.

Algunos sistemas de transportador que han utilizado el espaciamiento extendido y/o el espaciamiento graduado se han diseñado exitosamente. El espaciamiento extendido es algo mayor que el espacio normal. Esto a veces se aplica cuando la tensión de la faja, la flecha, el esfuerzo de la faja, y el rango de carga de los rodillos, lo permitan. Esta ventaja pueden disminuir el costo de los rodillos (se usan menos) y la mejor guía de la faja.

El espaciamiento graduado es mayor que el espaciamiento normal en las porciones de alta tensión de la faja. Como la tensión a lo largo de la faja aumenta, el espaciamiento de los rodillos aumenta. Normalmente este tipo de espaciamiento se da en las partes cercanas al extremo de la descarga.

Tanto el espaciamiento extendido como el graduado normalmente no se usan, pero si alguno es empleado, se debe tener cuidado en no exceder los valores de carga de los rodillos y del límite de la flecha, durante el arranque y la parada.

### Espaciamiento de los Rodillos de Retorno

Los valores normales sugeridos para el trabajo de la faja transportadora, en general, también se da en la Tabla 5-2. Para las fajas de estructura pesada, y con un ancho de 48 pulgadas o más, se recomienda que el espaciamiento de los rodillos de retorno se determine por el uso de los valores de carga de los rodillos y por las consideraciones de flecha.

### Espaciamiento de los Rodillos de transporte en los Puntos de Carga

En los puntos carga, los rodillos de transporte deben espaciarse para mantener la faja tensa y en contacto con los bordes de caucho de los faldones de carga a lo largo de toda su longitud. La atención cuidadosa al espaciamiento de los rodillos de transporte en los puntos de carga, minimizará el derrame del material por debajo de los faldones y, al mismo tiempo, desgaste de la cubierta de la faja.

Normalmente, los rodillos en la zona de carga tienen un espaciamiento de la mitad (o menos) del espacio normal sugerido en la Tabla 5-2. Precaución: Si se usan rodillos de impacto en las zonas de carga, los valores de carga de los rodillos de impacto no son mayores que los rodillos normales.

La buena práctica indica que el espaciamiento de rodillos bajo áreas de carga es tal que la porción mayor de carga encaje en la faja entre rodillos.

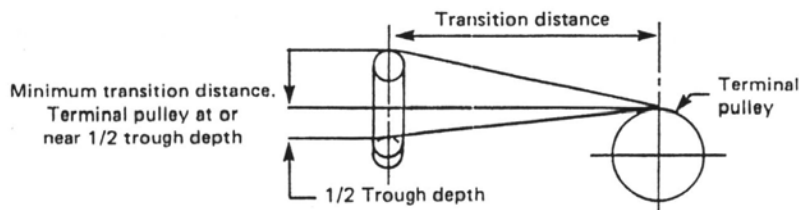
### Espaciamiento entre Rodillos Adyacentes a Poleas Terminales

Pasando el último rodillo abarquillado hacia la polea terminal, los bordes de la faja se estiran y se incrementa tensión en los bordes exteriores. Si el esfuerzo del borde de la faja excede el límite elástico, el borde de la faja se estirará permanentemente y causará dificultades en su alineamiento. Por otro lado, si los rodillos abarquillados se colocan muy lejos de la polea terminal, es probable el derrame de la carga.

La distancia es importante en el cambio (transición) de la forma abarquillada a la plana. Esto es especialmente significativo cuando se usan los rodillos de abarquillamiento profundo.

Dependiendo de la distancia de la transición, puede usarse uno, dos, o más rodillos abarquillados de transición para soportar la faja entre el último rodillo abarquillado normal y la polea terminal. Estos rodillos pueden posicionarse a un ángulo fijo o a un ángulo ajustable concéntrico. La tabla 5-3 muestra las distancias recomendadas de transición para varios ángulos de abarquillamiento, tensiones, y tipos de faja. En ningún caso debe excederse los valores de carga de los rodillos.

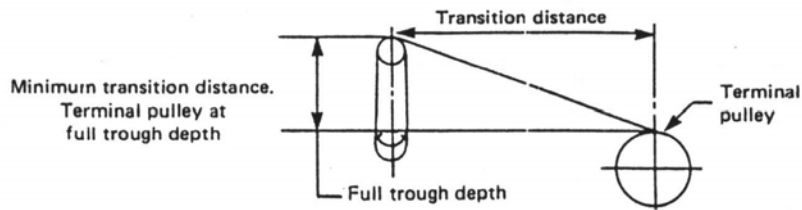
**Tabla 5-3**  
**Distancias Mínimas de Transición Recomendadas**



Angulo del rodillo	% del valor de la tensión	Faja tejida	Fajas con alma de acero
20°	Mayor de 90	0.9b	2.0b
	60 a 90	0.8b	1.6b
	Menos de 60	0.6b	1.0b
35°	Mayor de 90	1.6b	3.4b
	60 a 90	1.3b	2.6b
	Menos de 60	1.0b	1.8b
45°	Mayor de 90	2.0b	4.0b
	60 a 90	1.6b	3.2b
	Menos de 60	1.3b	2.3b

b = ancho de la faja (la distancia de transición tendrá las mismas unidades que el ancho de la faja)

**Table 5-3 continuación.**  
**Distancias Mínimas de Transición Recomendadas**



Angulo del rodillo	% del valor de la tensión	Faja tejida	Fajas con alma de acero
20°	Mayor de 90	1.8b	4.0b
	60 a 90	1.6b	3.2b
	Menos de 60	1.2b	2.8b
35°	Mayor de 90	3.2b	6.8b
	60 a 90	2.4b	5.2b
	Menos de 60	1.8b	3.6b
45°	Mayor de 90	4.0b	8.0b
	60 a 90	3.2b	6.4b
	Menos de 60	2.4b	4.4b

b = ancho de la faja (la distancia de transición tendrá las mismas unidades que el ancho de la faja)

### Selección de Rodillos

Después de que el ancho y la velocidad de la faja han sido determinados, es necesario seleccionar el rodillos más apropiado. Esta selección se determina por tres condiciones conocidas: el tipo de servicio, las características del material a transportar, y la velocidad de la faja.

### Tipo de Servicio

La consideración más importante es la condición de operación, bajo la que los rodillos se usarán. Esto incluye las horas de funcionamiento por día, la expectativa de vida útil global del sistema transportador y el ambiente en el que los rodillos operarán. Se dan las listas de los factores de servicio basados en experiencias de campo colectivas en las Tablas 5-5 y 5-6.

**Tabla 5-4**  
**Factor de ajuste del trozo  $K_1$**

Tamaño máximo del trozo (pulgadas)	Peso del material, lbs/cu. ft . $K_1 = 1.1$						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

**Tabla 5-5**  
**Factores Ambientales y de Mantenimiento  $K_2$**

Condiciones Ambientales	Mantenimiento		
	Bueno	Promedio	Escaso
Limpio	1.00	1.08	1.11
Moderado	1.06	1.10	1.13
Sucio	1.09	1.12	1.15

**Tabla 5-6**  
**Factores de servicio  $K_3$**

Operación	Factor
Menos de 6 horas al día	0.8
Entre 6 y 9 horas al día	1.0
Entre 10 y 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

**Tabla 5-7**  
**Factor de Corrección de la Velocidad de la Faja  $K_4$**

Velocidad de la faja (ppm)	Diámetro de los rodillos, en pulgadas			
	4	5	6	7
100	0.80	0.80	0.80	0.80
200	0.83	0.80	0.80	0.80
300	0.90	0.85	0.83	0.81
400	0.95	0.91	0.88	0.85
500	0.99	0.95	0.92	0.88
600	1.03	0.98	0.95	0.92
700	1.05	1.01	0.98	0.95
800	-	1.04	1.00	0.97
900	-	1.06	1.03	1.00
1000	-	-	1.05	1.02

### Tipo de Material Manejado

Las características del material manejado tienen una influencia directa en la selección del rodillo. El peso del material determina la capacidad de carga así como el espaciamiento de los rodillos, y el tamaño de trozo modifica el efecto del peso por medio del factor de impacto. La tabla 5-4 combina el peso por unidad y el tamaño de trozo en un grupo de factores empíricos. Note que, en la tabla, "tamaño de trozo" significa el trozo más grande que puede llevarse alguna vez, en vez del "tamaño promedio".

La selección apropiada de los rodillos de retorno es tan importante como la selección de los rodillos de transporte. De hecho, las condiciones de operación para los rodillos de retorno son a menudo más severas. Los rodillos de retorno de la faja entran en contacto con el lado "sucio" de la faja, produciendo el desgaste por abrasión de la superficie del rodillo. Los materiales se acumulan en el rodillo y aumentan su diámetro efectivo. Debido a que el acumulamiento nunca es uniforme, y normalmente es menor en los bordes de la faja, las secciones limpias del rodillo de retorno viajan a una velocidad superficial menor que la de la faja. Esto produce el deslizamiento relativo, ocasionando una aceleración en el desgaste de la cubierta de la faja y la superficie del rodillo. Así, la vida de la superficie del rodillo es normalmente más corta en los rodillos de retorno que en los de transporte.

En la selección de los rodillos de retorno en donde el único "material" que se maneja es la propia faja, el peso por unidad de faja,  $W_b$ , debe determinarse. Este puede estimarse con bastante precisión por referencia a los pesos de faja en tablas.

Otro punto a considerar es el hecho de que los fabricantes de rodillos habitualmente suministran los rodillos más grandes con paredes de metal más gruesas. Estos rodillos tienen una vida potencialmente más larga que los rodillos más pequeños con las paredes más delgadas.

Para las condiciones de abrasión más severas, los rodillos cubiertos proporcionarán una vida útil más larga. Una cubierta de caucho brinda una vida aproximadamente de cuatro a ocho veces la vida de un rodillo de acero con el mismo diámetro exterior. También pueden usarse otros materiales especiales, además del caucho.

Cuando un rodillo se somete a un material corrosivo (por ej., sal o químicos), se requiere un especial cuidado en la selección del rodillo. El rodillo puede fabricarse de acero con cubierta de caucho o de acero cubierto con cualquier material durable, resistente a la corrosión. Normalmente, también deben cubrirse las carteras y la estructura con un material resistente apropiado. Para tales aplicaciones especiales, se debe consultar al fabricante del transportador.

### Procedimiento de Selección de Rodillos

Para seleccionar apropiadamente un rodillo, primero es necesario determinar la carga ajustada. Ésta es la carga manejada por el rodillo pero afectada por factores de tamaño de trozo, condiciones ambientales, y factores de servicio.

$$\text{Carga del Rodillo Real} = IL = (W_b + W_m) S_i$$

$$\text{Carga Ajustada} = AL$$

Donde  $AL = (IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4) + IML$

$W_b$  = Peso de la Faja (lbs por pie) (Vea Tabla 6 - 1)

$W_m$  = Peso del Material (lbs por pie) (Vea Tabla 6-2)

$S_i$  = Espaciamiento del Rodillo (pie) (Vea Tabla 5-2)

$K_1$  = Factor de Ajuste por Tamaño de Trozo (Vea Tabla 5-4)

$K_2$  = Factor de Medio Ambiente y de Mantenimiento (vea Tabla 5-5)

$K_3$  = Factor de Servicio (vea Tabla 5-6)

$K_4$  = Factor de Corrección de la Velocidad de la faja (vea Tabla 5-7)

$IML$  = Fuerza Debido a la Desviación por la Altura del Rodillo

Calcule la carga ajustada, AL, con la información anterior. Si AL es menor que la Carga Real del Rodillo, IL, iguale AL a IL igual. No use un valor de Carga Ajustada que sea menor que la Carga Real del Rodillo.

Usando AL, seleccione el valor de rodillo apropiado con las Tabla 5-8 a la 5-12.

Si el producto de  $K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$  es menor que 1, debe usarse un valor de 1.

### Fuerzas Debidas a la Desviación de Altura de los Rodillos

Cuando un rodillos es más alto que adyacentes, una componente de la tensión de la faja se agregará a la carga del rodillos. La acumulacion de las desviaciones de altura puede variar con la instalación y el tipo de rodillo. Estas fuerzas adicionales deben ser consideradas en la selección de los rodillos. La exactitud en la instalación determinará la magnitud de estas fuerzas.

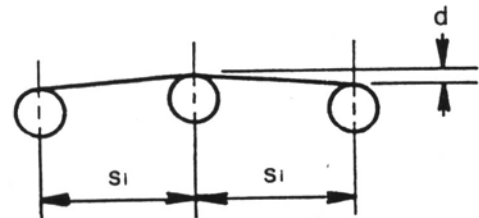
$IML$  = Carga de Desalineamiento del Rodillo  
debido sólo a la tensiones de la faja

$T$  = Tensión de la Faja

$d$  = Desalineamiento

$S_i$  = espaciamiento de los Rodillos

$IML$  no incluye elmpeso del material o de la faja



$$IML = \frac{d \times T}{6 \times S_i}$$



**Table 5-8**  
**Valores de carga para los rodillos CEMA A, lbs**

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
18	300	300	300	150
24	300	300	289	125
30	300	280	270	100
36	275	256	248	75

**Table 5-9**  
**Valores de carga para los rodillos CEMA B, lbs**

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
18	410	410	410	220
24	410	410	410	190
30	410	410	410	165
36	410	410	396	155
42	390	363	351	140
48	380	353	342	130

**Table 5-10**  
**Valores de carga para los rodillos CEMA C, lbs**

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
18	900	900	900	475
24	900	900	900	325
30	900	900	900	250
36	900	837	810	200
42	850	791	765	150
48	800	744	720	125
54	750	698	675	*
60	700	650	630	*

\* Use CEMA D return idlers

**Table 5-11**  
**Valores de carga para los rodillos CEMA D, lbs**

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
24	1200	1200	1200	600
30	1200	1200	1200	600
36	1200	1200	1200	600
42	1200	1200	1200	500
48	1200	1200	1200	425
54	1200	1116	1080	375
60	1150	1070	1035	280
72	1050	977	945	155

**Table 5-12**  
**Valores de carga para los rodillos CEMA E, lbs**

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
36	1800	1800	1800	1000
42	1800	1800	1800	1000
48	1800	1800	1800	1000
54	1800	1800	1800	925
60	1800	1800	1800	850
72	1800	1800	1800	700
84	1800	1674	1620	550
96	1750	1628	1575	400

### **Valores de Carga para Rodillos**

La vida útil de los Rodillos se determina por una combinación de muchos factores, tales como los sellos, rodamientos, espesores de cubierta, mantenimiento, condiciones ambientales, y densidad del material. Mientras la vida útil de los rodamientos se usa a menudo como un indicador de la vida útil del rodillo, debe reconocerse que el efecto de otras variables (por ejemplo, la efectividad de los sellos) puede ser de más importancia en la determinación de la vida de los rodillos que la de los rodamientos. No obstante, ya que el valor de los rodamientos es la única variable para la cual las pruebas del laboratorio ha proporcionado valores estándar, CEMA usa este factor como una guía para establecer los rangos de trabajo para los rodillos.

El término, vida útil (BU) se usará en lugar de los términos comunes para la vida del rodamiento, B-10 o L-10. BU es mayor que B-10 o L-10, y representa, en horas, el punto estadístico dónde un mínimo del 90% de los rodamientos todavía será funcional sin un aumento de torque o ruido. L-10 representa, en horas, el punto estadístico en dónde un mínimo del 90% de los rodamientos completará o excederá su vida útil antes de que falle por fatiga. La falla por fatiga se alcanza cuando el picado o descascaramiento del elemento rodante o de la pista de rodaje alcanza un valor de .01 sq. in. La vida útil (BU) es tres veces L-10.

Las Tablas 5-8 a 5-12 muestra los valores de carga para los rodillos de igual longitud CEMA tipos A, B, C, D, y E. Estos valores se basan en un periodo de 90,000 horas como mínimo para la vida de los rodamientos BU a 500 rpm. Note que estos valores de carga son los mínimos para los rodillos clasificados CEMA. Los valores reales de carga proporcionadas por los fabricantes pueden ser mayores.

### **Alineamiento de la faja**

Una faja transportadora debe diseñarse, construirse, y mantenerse para que la faja corra de forma consistente centrada sobre su sistema mecánico de rodillos y poleas. Para lograr esto, las condiciones siguientes deben prevalecer:

1. Todos los rodillos deben estar transversalmente en línea, en ángulo recto y nivelados transversalmente.
2. Todas las poleas deben estar en línea, con los ejes de polea paralelos entre si a y a 90° con respecto a la línea central de la faja.
3. El material debe cargarse de forma centrada sobre la faja.
4. La faja debe estar alineada y apropiadamente empalmada.
5. La estructura de apoyo debe estar alineada y se debe nivelar transversalmente.

Si, después de que estas condiciones se han reunido, la faja transportadora se corre persistentemente a uno de los lados, ciertas medidas correctivas pueden hacer que la faja corra de forma centrada. Algunos de los arreglos pueden sesgarse para que el rodillo horizontal del arreglo esté en un ángulo pequeño con respecto a la línea de centro de la faja. Las

carteras que generalmente soportan el ensamble de los rodillos tienen agujeros ranurados para que el movimiento del arreglo sea posible. (Nota: Esto no se aplica a los transportadores de la faja reversibles.)

Algunos o todos los arreglos abarquillados no deben inclinarse más de 2° con respecto a la vertical, en la dirección del recorrido de la faja. (Nota: Los arreglos abarquillados que están contruidos con esta inclinación no deben inclinarse adicionalmente. Tampoco, en el caso de transportadores de faja reversibles, deben inclinarse los arreglos, ya que el desalineamiento de la faja se acentuaría al correr en la dirección inversa.)

Los rodillos guía pueden ser instalados para reemplazar tanto a los rodillos abarquillados como a los de retorno sin ninguna dificultad. Ellos sólo deben usarse en el caso de que otras medidas correctivas no sean adecuadas y normalmente deben estar como mínimo a 50 pies de las poleas extremos o de la curva. Los rodillos guía no deben usarse en curvas verticales dónde el radio de curvatura sea menor a 800 pies.

Los rodillos guía deben seleccionarse e instalarse correctamente para la dirección adecuada de la faja. Los rodillos guía para fajas reversible están disponibles para los transportadores de la faja reversibles. La acción del alineamiento de los rodillos de faja depende del libre movimiento de la faja transportadora y del rodillo guía, así la limpieza y el mantenimiento apropiados son esenciales para resultados satisfactorios.

**Tabla 5-13**  
**Peso Promedio (lbs) de las Partes Rotatorias de Rodillos Abarquillados - Rodillos de Acero**

Ancho de la faja (pulgadas)	Clasificación de rodillos CEMA										
	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	12.7	16.2	15.0	19.2	14.5	19.1	26.7				
24	15.8	21.2	18.3	24.2	17.5	23.2	32.6	23.2	32.6		
30	18.9	25.0	21.8	28.3	20.5	26.8	38.0	26.8	38.0		
36	22.0	28.6	25.3	33.0	23.5	31.3	43.6	31.3	43.6	64.8	81.8
42			30.8	38.1	26.5	35.2	49.2	35.2	49.2	73.3	91.7
48			32.9	41.6	29.5	39.3	54.8	39.3	54.8	81.9	101.3
54						45.9	62.3	45.9	62.3	93.6	121.8
60						50.1	68.3	50.1	68.3	102.2	132.7
72								57.9	77.8	119.4	154.5
84										132.0	164.0
96										145.3	173.0

**Table 5-14**  
**Peso Promedio (lbs) de las Partes Rotatorias de Rodillos de Retorno - Rodillos de Acero**

Ancho de la faja (pulgadas)	Clasificación de rodillos CEMA										
	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	11.9	15.5	13.1	16.3	12.2	16.6	21.6				
24	15.6	19.2	16.3	20.9	15.2	20.1	27.1	20.9	30.1		
30	18.5	23.2	19.5	24.5	18.2	24.0	32.3	25.8	35.4		
36	21.9	27.1	22.7	28.5	21.2	28.0	37.6	30.1	40.5	59.0	70.0
42			26.0	33.0	24.6	32.1	43.3	34.3	47.2	67.4	80.1
48			27.4	36.1	27.6	36.1	48.4	38.7	54.4	75.6	89.9
54								43.4	60.8	83.2	99.9
60								49.2	68.1	92.2	109.4
72								55.1	74.9	109.4	129.0
84										114.0	136.2
96										122.0	149.8

**Table 5-15**  
**WK<sup>2</sup> (lbs - pulg<sup>2</sup>) Promedio para Arreglos Abarquillados de Tres Rodillos Iguales**

Ancho de la faja (pulgadas)	Clasificación de rodillos CEMA										
	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	39	83	43	90	45	90	179				
24	49	106	53	116	56	116	224	116	224		
30	60	128	65	140	67	140	269	140	269		
36	71	149	78	161	79	161	313	161	313	446	801
42			90	185	91	185	358	185	358	502	876
48			104	207	105	207	400	207	400	564	1017
54						223	447	223	447	628	1127
60						245	493	245	493	689	1234
72								266	538	811	1451
84										985	1598
96										1114	1804

**Table 5-16**  
**WK<sup>2</sup> (lbs - pulg<sup>2</sup>) Promedio para Arreglos Abarquillados Simples de Acero**

Ancho de la faja (pulgadas)	Clasificación de rodillos CEMA										
	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	39	84	41	85	42	85	165				
24	49	105	50	106	51	106	210	106	210		
30	60	127	61	128	61	128	254	128	254		
36	70	151	72	152	72	152	312	152	312	419	750
42			83	174	83	174	348	174	348	479	857
48			94	196	94	196	385	196	385	539	963
54								218	429	597	1070
60								234	473	659	1177
72								256	513	779	1391
84										933	1581
96										1074	1737

## Capítulo 6

---

# Tensión de faja, Potencia, y Sistema de Transmisión

### Contenido

**Requerimientos Básicos de Potencia.**

**Cálculos de tensión de faja.**

**Fórmula de Potencia CEMA.**

**Relaciones de la polea motriz.**

**Arreglos de Transmisión.**

**Tensiones de la faja máximas y mínimas.**

**Relaciones de tensión y flecha de faja entre rodillos.**

**Fuerzas de aceleración y desaceleración.**

**Análisis de fuerzas de aceleración de desaceleración.**

**Consideraciones de diseño**

**Determinación de la potencia del transportador - Método gráfico.**

**Ejemplos del Calculo de la tensión de la faja y potencia - 6 problemas.**

**Equipo de transmisión en Fajas Transportadoras.**

**Antirretornos.**

**Frenos.**

**Combinación de Frenos y Antirretornos.**

**Dispositivos para aceleración, desaceleración, y control de torque.**

**Determinación del requerimiento de freno (cálculos de desaceleración).**

La aplicación de ingeniería más remota de las fajas transportadoras estuvo, en una considerable extensión, supeditada a soluciones empíricas que fueron desarrolladas por varios fabricantes y consultores en este campo. El análisis de ingeniería, la información y las fórmulas de las fajas transportadoras presentado en este manual representa las recientes mejoras en los conceptos y datos que se han desarrollado durante años, aprovechando las observaciones en el funcionamiento de las fajas transportadoras actuales y la mejor teoría matemática.

Aquí se presentan fórmulas de potencia y tensión, incorporando sucesivamente todos los factores que afectan la fuerza total necesaria para accionar la faja y su carga, de manera que permita la evaluación separada del efecto de cada factor. Estas formulas representan el acuerdo general de todas las compañías miembro del CEMA.

En años recientes, las compañías miembros del CEMA han desarrollado programas de computadora capaces de realizar el análisis completo de Sistemas de Faja de lo más complejos y extensos. Estos programas son más amplios e incluyen un análisis más extenso y sus cálculos pueden ser incluidos en este manual. Aunque los programas se tratan como información del propietario, cada compañía miembro del CEMA da la bienvenida a las oportunidades para colaborar en la aplicación adecuada del equipamiento de las fajas transportadoras. Una ventaja de usar programas de computadora es la velocidad y exactitud con la cual se proporciona información para los diseños de transportadores alternativos.

### Requerimientos Básicos de Potencia

---

La potencia requerida, hp, en el accionamiento de la faja transportadora, se deduce de las libras de la tensión efectiva,  $T_e$ , requerida en la polea motriz para impulsar o frenar el transportador cargado a la velocidad de diseño de la faja,  $V$ , en ppm:

$$hp = \frac{T_e * V}{33,000} \quad (1)$$

Para determinar la tensión efectiva,  $T_e$ , es necesario identificar y evaluar cada una de las fuerzas individuales que actúan en la faja transportadora y que contribuyen a la tensión requerida para el accionamiento de la faja mediante la polea motriz.  $T_e$  es la sumatoria final de las tensiones de la faja producidas por fuerzas tales como:

1. La carga gravitatoria para elevar o bajar el material a transportar.
2. La fuerza de fricción de los componentes del transportador, transmisión, y todos los accesorios, cuando se opera a la capacidad de diseño.
3. La fuerza de fricción del material cuando se transporta.
4. La fuerza requerida para acelerar continuamente el material que se carga al transportador desde un chute o alimentador.

La fórmula básica para calcular la tensión efectiva,  $T_e$  es:

$$T_e = LK_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac} \quad (2)$$

### Cálculos de la Tensión de la faja

---

Los siguientes símbolos podrán ser usados para ayudar a identificar y evaluar las fuerzas individuales que acumulativamente contribuyan a  $T_e$ , y que son, por consiguiente, son componentes de la fuerza de tracción total requerida por la faja en la polea motriz:

$A_i$  = tensión de la faja, o fuerza, requerida para superar la fuerza de fricción y la rotación de los rodillos, en lbs (vea la página 76)

$C_f$  = factor de modificación de fricción para transportadores regeneradores,

H = distancia vertical que el material es elevado o bajado, en pies,

$K_t$  = factor de corrección de la temperatura ambiental (vea la Figura 6.1)

$K_x$  = factor usado para calcular la fuerza de fricción de los rodillos y la resistencia al deslizamiento entre la faja y los rodillos, en lbs por pie (ver la ecuación 3, página 76).

$K_y$  = factor de transporte usado para calcular la resistencia de la faja en combinación con la resistencia de la carga en flexión, cuando la faja y la carga están en movimiento sobre los rodillos (vea la ecuación 4, página 77, y Tabla 6-2). Para el tramo de retorno usar la constante .015 en lugar de  $K_y$ . Ver  $T_{yr}$

L = longitud del transportador, en pies,

Q = toneladas por hora transportadas, tph, toneladas cortas de 2,000 lbs,

$S_i$  = espaciamiento de los rodillo, en pies,

$T_{ac}$  = total de las tensiones de los accesorios del transportador, en lbs:

$$T_{ac} = T_{sb} + T_{pl} + T_{tr} + T_{bc}$$

$T_{am}$  = tensión que resulta de la fuerza para acelerar el material continuamente mientras es alimentada la faja, en lbs,

$T_b$  = tensión que resulta de la fuerza necesaria para elevar o bajar la faja, en lbs (vea la página 100):

$$T_b = \pm H * W_b$$

$T_{bc}$  = tensión que resulta de la tracción de la faja requerida por los dispositivos limpiadores de faja como los rascadores, en lbs.

$T_e$  = tensión efectiva de accionamiento de la faja, en lbs

$T_m$  = tensión que resulta de la fuerza necesaria para elevar o bajar el material transportado, en lbs,:

$$T_m = \pm H * W_m$$

$T_p$  = tensión resultante de la resistencia de faja a la flexión alrededor de las poleas y de la resistencia de las poleas a la rotación sobre sus rodamientos, total para todas las poleas, en lbs,

$T_{pl}$  = tensión resultante de la resistencia de fricción de los desviadores, en lbs,

$T_{sb}$  = tensión resultante de la fuerza para superar la fricción de los faldones, en lbs,

$T_{tr}$  = tensión resultante de la resistencia de fricción adicional de las poleas y la flexión de la faja sobre unidades como los volteadores, en lbs,

$T_x$  = tensión resultante de la resistencia de fricción de los rodillos de transporte y de retorno, en lbs,:

$$T_x = L * K_x * K_t$$

$T_{yb}$  = sumatoria total de las tensiones resultantes de la resistencia de la faja a la flexión cuando corre tanto sobre de los rodillos de transporte como sobre los de retorno, el lbs,:

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

$T_{yc}$  = tensión que resulta de la resistencia de la faja a la flexión cuando corre sobre los rodillos de transporte, en lbs,:

$$T_{yc} = L * K_y * W_b * K_t$$

$T_{ym}$  = tensión resultante de la resistencia del material a la flexión cuando corre sobre los rodillos de transporte, en lbs,:

$$T_{ym} = L * K_y * W_m$$

$T_{yr}$  = tensión resultante de la resistencia de la faja a la flexión cuando corre sobre los rodillos de retorno, en lbs,:

$$T_{yr} = L * 0.015 * W_b * K_t$$

$V$  = velocidad de diseño de la faja, en ppm,

$W_b$  = peso de la faja en libras por pie de longitud de la faja. Cuando el peso exacto de la faja no es conocido, use el promedio estimado del peso de la faja (vea la Tabla 6-1)

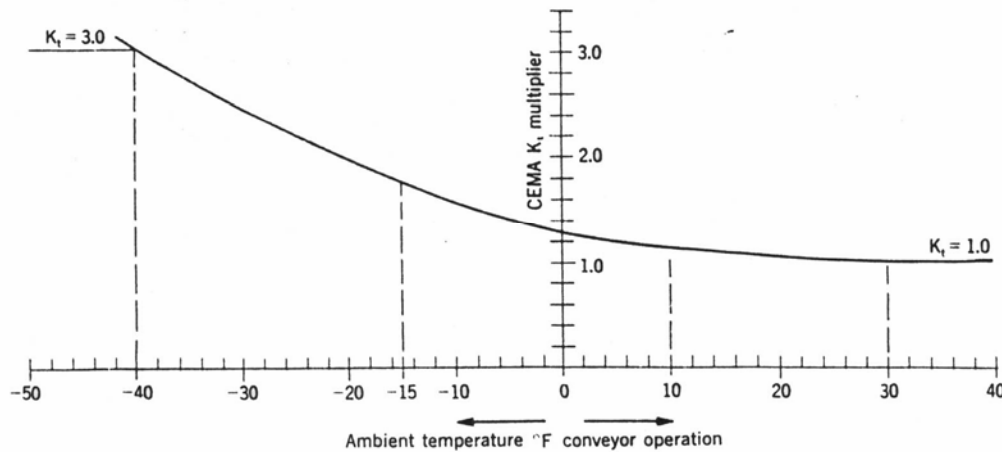
$W_m$  = peso del material, en lbs por pie de longitud de la faja,:

$$W_m = \frac{Q * 2,000}{60 * V} = \frac{33.33 * Q}{V}$$

Son usados tres factores multiplicados,  $K_t$ ,  $K_x$ , y  $K_y$ , en los cálculos de tres de los componentes de la tensión eficaz de la faja,  $T_e$ .

#### **$K_t$ - Factor de Corrección de la temperatura ambiente**

La resistencia de rotación del rodillo y la resistencia a la flexión de la faja se incrementa cuando se trabaja en climas fríos. En climas sumamente fríos el lubricante apropiado para los rodillos debe ser usado para prevenir la resistencia excesiva a la rotación del rodillo.



*La operación a temperaturas menores a los 15°F, involucran problemas en las consideraciones de potencia. Consulte al fabricante del transportador para tomar en cuenta las especificaciones de faja especial, engrase, de limpieza y las modificaciones necesarias en el diseño.*

*Figura 6.1. Variación del Factor  $K_t$  de Corrección de Temperatura.*

$K_t$  es un factor multiplicador que aumentará el valor calculado de las tensiones de la faja para permitir los aumentos de resistencia que pueden esperarse debido a una disminución de la temperatura. La Figura 6.1 nos muestra los valores para el factor  $K_t$ .



### **K<sub>x</sub> - Factor de Fricción del Rodillo**

La fuerza de fricción de los rodillos a la rotación y la resistencia al deslizamiento entre la faja y los rodillos pueden calcularse usando el factor multiplicador K<sub>x</sub>. K<sub>x</sub> es una fuerza de rotación en lbs por pie de longitud del transportador tanto para los rodillos de transporte como para los de retorno, y para cubrir la resistencia al deslizamiento entre la faja y los rodillos. El valor de K<sub>x</sub> requerido para la rotación de los rodillos se calcula usando la ecuación (3).

La resistencia de los rodillos a la rotación es principalmente función de los rodamientos, la grasa, y la resistencia de los sellos. Un rodillo típico, provisto con rodamientos antifricción que soporta una carga de 1,000 lbs requerirá una fuerza giratoria sobre la periferia del rodillo de 0.5 a 0.7 lbs para superar la fricción en los rodamientos. El agitado o batido de la grasa en los rodamientos y sellos requerirá una fuerza adicional. Esta fuerza, sin embargo, es generalmente independiente de la carga en el rodillo.

Bajo condiciones normales, la fricción de la grasa y los sellos en un rodillo bien lubricado variará de 0.1 a 2.3 lbs por cada rodillo, dependiendo del tipo de rodillo, sellos, y condición de la grasa.

La resistencia al deslizamiento entre la faja y los rodillos se genera cuando los rodillos de los arreglos no están exactamente a 90° de la dirección del movimiento de la faja. Después de la instalación inicial, el desalineamiento deliberado del rodillos es a menudo una ayuda en la guía de la faja. Incluso en las mejores instalaciones hay un pequeño requerimiento de este tipo. Sin embargo, el desalineamiento excesivo del rodillo produce un aumento muy alto en la fuerza de fricción y debe evitarse.

**Tabla 6-1**  
**Peso de Faja Estimado Promedio con Pliegues**  
**Múltiples y Reducidos, lb/pie**

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft <sup>3</sup>		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

1. Fajas con alma de acero, incrementar el valor en 50%  
2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc. Use estos valores para una estimación. Obtenga los valores reales de los fabricantes de faja, en lo posible.

Algunos arreglos abarquillados se diseñan para operar con un grado pequeño de inclinación en la dirección del recorrido de la faja, para ayudar en la guía de la faja. Esta inclinación produce un aumento ligero en fricción de deslizamiento que debe ser considerada la fórmula de la Potencia.

Los valores de K<sub>x</sub> pueden calcularse de la ecuación:

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}, \text{ tensión en lbs por pie de longitud de la faja} \quad (3)$$

$A_i = 1.5$  para rodillos de 6 pulgadas de diam., CEMA C6, D6,

$A_i = 1.8$  para rodillos de 5 pulgadas de diam., CEMA A5, B5, C5, D5,

$A_i = 2.3$  para rodillos de 4 pulgadas de diam., CEMA A4, B4, C4,

$A_i = 2.4$  para rodillos de 7 pulgadas de diam., CEMA E7,

$A_i = 2.8$  para rodillos de 6 pulgadas de diam., CEMA E6,

Para los transportadores inclinados regeneradores,  $A_i = 0$ .

Los valores de  $A_i$  tabulados arriba son valores promedios e incluyen la resistencia de fricción a la rotación tanto para los rodillos de transporte como para los de retorno. Los rodillos de retorno se basan en el tipo rodillo simple. Si el arreglo doble de rodillo en "V" de retorno se usa, aumentar  $A_i$  en un valor de 5%. En el caso de transportadores largos o con muy altas velocidades de la faja (encima de 1000 ppm) consulte a las compañías miembro del CEMA para valores más específicos de  $A_i$ .

### **$K_y$ - Factor para Calcular la Fuerza en la Faja y la Carga de Flexión sobre los Rodillos**

Tanto la resistencia de la faja a flexionarse cuando corre sobre los rodillos como la fuerza de la carga transportada a flexionar la faja, desarrollan esfuerzos de tensión en la faja.  $K_y$  es un factor multiplicador usado en el cálculo de estas fuerzas que tensionan la faja.

La Tabla 6-2 da valores de  $K_y$  para rodillos de transporte que varían con los diferentes valores en los pesos por pie de faja,  $W_b$ , y de carga,  $W_m$ ; del espaciamiento de los rodillos,  $S_i$ ; y el porcentaje de pendiente o ángulo de inclinación que el transportador forma con la horizontal. Al aplicar otros espaciamientos entre rodillos,  $S_i$ , no especificados en la Tabla 6-2, use la Tabla 6-3 para determinar un valor de  $K_y$  corregido.

#### ***Ejemplo 1***

Para un portador cuya longitud es 800 pie, y  $(W_b + W_m) = 150$  lbs por pie, teniendo una pendiente de 12%, el valor de  $K_y$  (Tabla 6-2) es .017. Este valor de  $K_y$  sólo es correcto para espaciamientos 3.0 pies. Si un espaciamiento de 4.0 pies se usa, usando la Tabla 6-3 y los valores de referencia de  $K_y$  en la parte superior de la tabla, el valor de  $K_y$  igual a .017 cae entre .016 y .018. A través de una interpolación y usando los valores de  $K_y$  correspondientes para el espaciamiento de 4.0 pies, el valor de  $K_y$  corregido es .020.

#### ***Ejemplo 2***

Para un transportador cuya longitud es 1000 pie, y  $(W_b + W_m) = 125$  lbs por pie, con una pendiente de 12%, el valor de  $K_y$  (Tabla 6-2) es .0165. Este valor sólo es correcto para el espaciamiento de 3.5 pie. Si el espaciamiento de 4.5 pie se necesita, la Tabla 6-3 muestra que .0165 cae entre .016 y .018 (con referencia a  $K_y$ ). A través de una interpolación y usando los valores de  $K_y$  correspondientes para el espaciamiento de 4.5 pies, el valor de  $K_y$  corregido es .0194.

Los valores de  $K_y$  de las Tablas 6-2 y 6-3 son aplicables para transportadores de más de 3,000 pies de largo con una sola pendiente y una flecha máxima de faja del 3% entre los rodillos abarquillados y de retorno. El espaciamiento nominal de los rodillos de retorno es de 10 pies cuando la carga de la faja es uniforme y continua.

La ecuación (4) da los valores de  $K_y$  para los rodillos de transporte de los Transportadores de faja cuya longitud, número de pendientes, y/o tensiones promedio de la faja exceden las limitaciones especificadas arriba para los transportadores cubiertos por las Tablas 6-2 y 6-3. Esta ecuación es aplicable para transportadores en los que la tensión promedio de la faja es 16,000 lbs o menos. Para determinar el factor  $K_y$  usado en los transportadores de esta clase, es necesario, primero, asumir un valor tentativo para la tensión promedio de la faja. El método gráfico para determinar la Potencia del transportador puede ser de gran ayuda en la estimación del valor tentativo inicial de tensión promedio de la faja.

Después de estimar la tensión promedio de la faja y seleccionar un espaciamiento de rodillos, consulte la Tabla 6-4 para obtener los valores de A y B a ser usados en la ecuación siguiente:

$$K_y = (W_m + W_b) * A * 10^{-4} + B * 10^{-2} \quad (4)$$

Usando la ecuación (4), se puede determinar un valor inicial para  $K_y$  y consecuentemente una tensión promedio de la faja inicial puede calcularse. La comparación del valor promedio de la tensión de la faja calculada con el valor tentativo original, determinará la necesidad de elegir otro valor para la tensión promedio de la faja supuesto. Recalcular  $K_y$  y calcular un segundo valor para la tensión promedio de la faja. El proceso debe repetirse hasta que exista una concordancia razonable entre el valor estimado y el valor calculado de la tensión promedio de la faja.

No hay valores o ecuaciones para determinar valores de  $K_y$ , para transportadores que tengan una tensión promedio de faja que exceda el valor de 16,000 lbs. Un valor bastante exacto que puede usarse para los cálculos de  $K_y$  es el de 0.016. Se recomienda que este valor de  $K_y$  sea considerado como mínimo, sujeto a la consulta con alguna compañía miembro del CEMA en cualquier aplicación específica.

La fuerza que es resultado de la resistencia de la faja a la flexión del tramo de retorno que corre sobre los rodillos se calcula de la misma forma como la resistencia a la flexión para el tramo de transporte, excepto por un valor constante de 0.015 usado en lugar de  $K_y$ . La resistencia de flexión de la faja sobre los rodillos es función de la construcción de la faja, espesor de la cubierta y de la depresión de los rodillos, el tipo del compuesto de caucho, el diámetro del rodillo en conjunto, la temperatura, y otros factores. La resistencia de la faja a la flexión aumenta a temperaturas más bajas.

**Tabla 6-2**  
**Valores del Factor  $K_y$**

Longitud del transportador	$W_b + W_m$ (lbs por pie)	Porcentaje de pendiente						
		0	3	6	9	12	24	33
		Grados aproximados						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
	300	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
500	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
	300	0.035	0.035	0.030	0.025	0.021	0.016	0.015
	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.016

600	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
	250	0.035	0.031	0.024	0.020	0.017	0.016	0.016
	300	0.035	0.031	0.023	0.018	0.018	0.018	0.018
800	20	0.035	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.030	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.030	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.033	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
1400	50	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.016	0.016
	75	0.028	0.024	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016
	100	0.028	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.029	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.030	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.030	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.030	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2000	50	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.016	0.016
	75	0.026	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.025	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.023	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2400	50	0.026	0.023	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016
	75	0.025	0.021	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.020	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	250	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Espaciamento entre rodillos: Los valores de encima para  $K_y$  se basan los siguientes espaciamentos para (para otros espaciamentos, vea la Tabla 6.3):

$(W_b + W_m)$ , lbs por pie	$S_i$ , pie	$(W_b + W_m)$ , lbs por pie	$S_i$ , pie
Menor de 50	4.5	100 a 149	3.5
50 a 99	4.0	150 y más	3.0

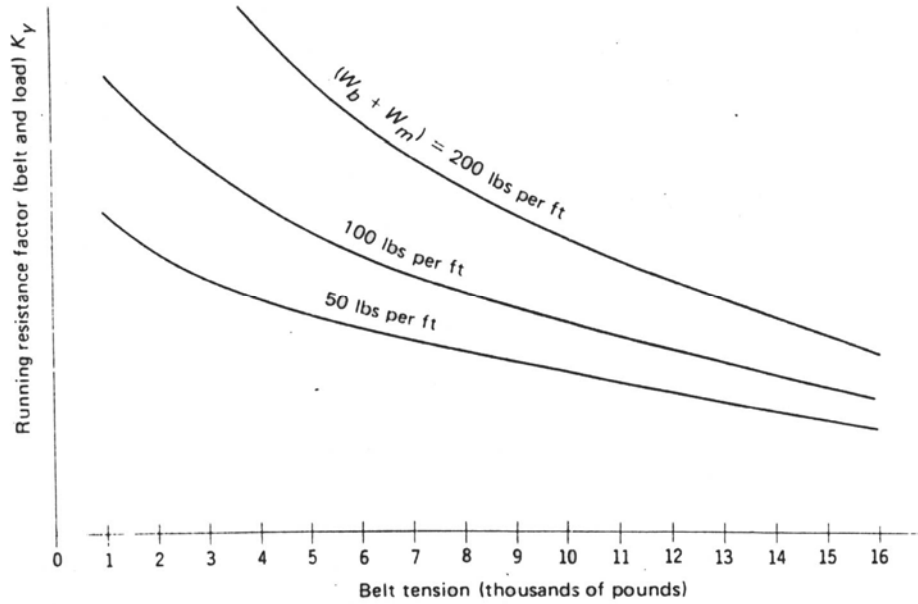


Figura 6.2. Efecto de la Tensión de la Faja en la resistencia del material a la flexión sobre los rodillos.  
Factor de Resistencia al Desplazamiento (faja y carga)

**Tabla 6-3**  
**Factor Corregido  $K_y$ , cuando se usan otros espaciamentos distintos a los tabulados.**

$W_b + W_m$ (lbs por pie)	$S_i$ (ft)	Valores de Referencia de $K_y$ para la interpolación									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
<b>Menor de 50</b>	3.0	0.016	0.016	0.016	0.0168	0.0183	0.0197	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257
	3.5	0.016	0.0160	0.0169	0.0189	0.0207	0.0224	0.0241	0.0257	0.0274	0.0291
	4.0	0.016	0.0165	0.0182	0.0204	0.0223	0.0241	0.0259	0.0278	0.0297	0.0316
	<b>4.5</b>	<b>0.016</b>	<b>0.018</b>	<b>0.020</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.026</b>	<b>0.028</b>	<b>0.030</b>	<b>0.032</b>	<b>0.034</b>
	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0236	0.0254	0.0273	0.0291	0.031	0.0329	0.0348
<b>50 a 99</b>	3.0	0.016	0.0162	0.0173	0.0186	0.0205	0.0221	0.0239	0.026	0.0274	0.029
	3.5	0.016	0.0165	0.0185	0.0205	0.0222	0.024	0.0262	0.0281	0.030	0.0321
	4.0	<b>0.016</b>	<b>0.018</b>	<b>0.020</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.026</b>	<b>0.028</b>	<b>0.030</b>	<b>0.032</b>	<b>0.034</b>
	4.5	0.0175	0.0193	0.0214	0.0235	0.0253	0.0272	0.0297	0.0316	0.0335	0.035
	5.0	0.0184	0.021	0.023	0.0253	0.027	0.029	0.0315	0.0335	0.035	0.035
<b>100 a 149</b>	3.0	0.016	0.0164	0.0186	0.0205	0.0228	0.0246	0.0267	0.0285	0.0307	0.0329
	3.5	<b>0.016</b>	<b>0.018</b>	<b>0.020</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.026</b>	<b>0.028</b>	<b>0.030</b>	<b>0.032</b>	<b>0.034</b>
	4.0	0.0175	0.0197	0.0213	0.0234	0.0253	0.0277	0.0295	0.0312	0.033	0.035
	4.5	0.0188	0.0213	0.0232	0.0253	0.0273	0.0295	0.0314	0.033	0.0346	0.035
	5.0	0.0201	0.0228	0.0250	0.0271	0.0296	0.0316	0.0334	0.035	0.035	0.035
<b>150 a 199</b>	3.0	<b>0.016</b>	<b>0.018</b>	<b>0.020</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.026</b>	<b>0.028</b>	<b>0.030</b>	<b>0.032</b>	<b>0.034</b>
	3.5	0.0172	0.0195	0.0215	0.0235	0.0255	0.0271	0.0289	0.031	0.0333	0.0345
	4.0	0.0187	0.0213	0.0235	0.0252	0.0267	0.0283	0.0303	0.0325	0.0347	0.035
	4.5	0.0209	0.023	0.0253	0.0274	0.0289	0.0305	0.0323	0.0345	0.035	0.035
	5.0	0.0225	0.0248	0.0272	0.0293	0.0311	0.0328	0.0348	0.035	0.035	0.035
<b>200 a 249</b>	3.0	<b>0.016</b>	<b>0.018</b>	<b>0.020</b>	<b>0.022</b>	<b>0.024</b>	<b>0.026</b>	<b>0.028</b>	<b>0.030</b>	<b>0.032</b>	<b>0.034</b>
	3.5	0.0177	0.0199	0.0216	0.0235	0.0256	0.0278	0.0295	0.031	0.0327	0.0349
	4.0	0.0192	0.0216	0.0236	0.0256	0.0274	0.0291	0.0305	0.0322	0.0339	0.035
	4.5	0.021	0.0234	0.0253	0.0276	0.0298	0.0317	0.0331	0.0347	0.035	0.035
	5.0	0.0227	0.0252	0.0274	0.0298	0.0319	0.0338	0.035	0.035	0.035	0.035

Para usar esta tabla para corregir el valor de  $K_y$  para el espaciamento del rodillo que se muestra en negrita, aplicar el procedimiento en los dos ejemplos anteriores.

**Tabla 6-4**  
**Valores de A y B, para la ecuación  $K_y = (W_m + W_b) * A * 10^{-4} + B * 10^{-2}$**

Tensión promedio de la faja, en lbs	Espaciado del rodillo, en pies									
	3.0		3.5		4.0		4.5		5.0	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1,000	2.1500	1.565	2.1955	1.925	2.2000	2.250	2.2062	2.584	2.1750	2.910
2,000	1.8471	1.345	1.6647	1.744	1.6156	1.982	1.5643	2.197	1.5429	2.331
3,000	1.6286	1.237	1.4667	1.593	1.4325	1.799	1.4194	1.991	1.4719	2.091
4,000	1.4625	1.164	1.3520	1.465	1.3295	1.659	1.3250	1.825	1.3850	1.938
5,000	1.2828	1.122	1.1926	1.381	1.1808	1.559	1.1812	1.714	1.2283	1.839
6,000	1.1379	1.076	1.0741	1.318	1.0625	1.472	1.0661	1.627	1.0962	1.761
7,000	1.0069	1.039	0.9448	1.256	0.9554	1.404	0.9786	1.549	1.0393	1.657
8,000	0.9172	0.998	0.8552	1.194	0.8643	1.337	0.8875	1.472	0.9589	1.583
9,000	0.8207	0.958	0.8000	1.120	0.7893	1.272	0.8339	1.388	0.8911	1.507
10,000	0.7241	0.918	0.7362	1.066	0.7196	1.216	0.7821	1.314	0.8268	1.430
11,000	0.6483	0.885	0.6638	1.024	0.6643	1.167	0.7375	1.238	0.7768	1.340
12,000	0.5828	0.842	0.5828	0.992	0.6232	1.100	0.6750	1.180	0.7411	1.242
13,000	0.5207	0.798	0.5241	0.938	0.5732	1.040	0.6179	1.116	0.6821	1.169
14,000	0.4690	0.763	0.4810	0.897	0.5214	0.996	0.5571	1.069	0.6089	1.123
15,000	0.4172	0.718	0.4431	0.841	0.4732	0.935	0.5179	1.006	0.5607	1.063
16,000	0.3724	0.663	0.3966	0.780	0.4232	0.875	0.4589	0.958	0.5054	1.009

Un valor mínimo de  $K_y = 0.016$  debe usarse cuando las tensiones excedan el valor de 16 000 lb.

La resistencia del material cargado a flexionarse sobre los rodillos es función de la tensión de la faja, el tipo de material, la forma de la sección transversal de carga, y el espaciado entre los rodillos. Los resultados indican que el factor más importante es la tensión de la faja, porque controla la cantidad de flexión de la carga. La Figura 6.2 muestra esta relación para un espaciado típico.

Para un peso y carga por pie de faja, dados, la resistencia al movimiento, en lbs por lb de carga, disminuye con los aumentos en la tensión de la faja. Para una tensión de faja dada, la resistencia al movimiento, en lbs por lb de carga, aumenta con los incrementos en la cantidad de carga. Sin embargo, la resistencia al movimiento no es proporcional al peso de la carga.

Información similar a la que aparece en la Figura 6.2 se ha desarrollado mediante el análisis de una serie de pruebas de campo en Transportadores de faja para diferentes anchos que llevan materiales diferentes. Muchos investigadores, tanto en los Estados Unidos como en el extranjero, han realizado pruebas similares en campo y han obtenido resultados similares. Aunque las expresiones exactas difieren, todos los investigadores están de acuerdo en que los cambios en la tensión de la faja afectan el valor de la fuerza requerida para flexionar el material sobre los rodillos a un ángulo substancialmente mayor que los cambios en el material manejado. Este último no tiene un efecto notable, y parece ser de menos importancia en el cálculo global.

### Recopilación de las Componentes de $T_e$

Las páginas precedentes describen los métodos y proporcionan los datos para calcular los factores  $K_t$ ,  $K_x$ , y  $K_y$ . Estos factores deben evaluarse, en un primer paso, para calcular ciertos componentes de la tensión de la faja que se sumarán para determinar la tensión efectiva,  $T_e$ , requerida en la polea de accionamiento.

Los procedimientos por calcular los componentes de la tensión de la faja son como sigue:

1.  $T_x$  - de la fuerza de fricción de los rodillos de transporte y de retorno, lbs

$$T_x = L * K_x * K_t$$

2.  $T_{yb}$  - de la resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos, el lbs,

$$T_{yb} = L * K_y * W_b * K_t$$

$$T_{yr} - \text{para los rodillos de retorno,} = L * .0015 * W_b * K_t$$

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

$$T_{yb} = L * K_y * W_b * K_t + L * .0015 * W_b * K_t$$

$$= L * W_b * K_t (K_y + 0.015)$$

3.  $T_{ym}$  - de la resistencia del material a l flexión cuando la faja corre sobre los rodillos, en lbs,

$$T_{ym} = L * K_y * W_m$$

4.  $T_m$  - de la fuerza necesaria para elevar o bajar la carga (el material), lbs.

$$T_m = \pm H * W_m$$

5.  $T_p$  - de la resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas y la resistencia de poleas a rodar sobre sus rodamientos, el lbs,

La fricción en la polea se eleva debido a dos fuentes. Una es la resistencia de la faja a la flexión sobre las poleas que es función del diámetro de la polea y de la rigidez de la faja. La rigidez de la faja depende de la temperatura ambiente y la construcción de la faja.

La otra fuente de fricción en la polea es la resistencia de la polea a rodar, que es función de la fricción en los rodamientos, del lubricante, y la fricción de los sellos. La fricción en los rodamientos depende de la carga sobre los rodamientos, pero la fricción del lubricante y de los sellos generalmente es independiente de la carga.

Como la fricción de Polea de Accionamiento no afecta la tensión en la faja, no se introduce en el cálculo matemático; sin embargo, debe ser incluida al determinar la Potencia Total en el Eje del Motor.

La Tabla 6-5 proporciona valores conservadores en libras para la tensión de la faja requerida para el rodamiento de cada una de las poleas en el Transportador. Sin embargo, si se desea un valor más preciso para la tensión de faja para hacer rodar las poleas; consultar al Apéndice C. Los ejemplos de cálculo de la tensión de la faja y Potencia mostrados en este libro usa los valores de la Tabla 6-5.

$T_p$  = total de las tensiones de la faja requeridas para el rodamiento de cada una de las poleas en el Transportador.

**Tabla 6-5**  
**Tensión de la Faja al Rodamiento de las Poleas**

Ubicación de la polea	Angulo de arrollamiento	Libras de tensión en la línea de la faja
Lado tenso	150° a 240°	200 lbs por polea
Lado flojo	150° a 240°	200 lbs por polea
Cualquier otra polea	Menor de 150°	200 lbs por polea

Nota: Doble los valores encima considerados para ejes de polea que no operan en rodamientos anti-fricción.

6.  $T_{am}$  - de la fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta hacia la faja.

Cuando el material se descarga desde chutes o alimentadores a la faja transportadora, no puede asumirse que el material se está moviendo en la misma dirección y, a una velocidad igual a la de la faja, aunque éste puede ser el caso en algunas ocasiones. Normalmente, el material cargado hacia la faja viaja a una velocidad considerablemente menor a la velocidad de la faja. La dirección de flujo de material no puede estar alineada totalmente con la dirección de viaje de la faja. Por consiguiente, el material debe acelerarse a la velocidad de la faja en la dirección de viaje de la faja, y esta aceleración requiere una tensión efectiva adicional.

La tensión de la faja  $T_{am}$  puede obtenerse de la ecuación básica  $F = M * V_c$  donde:

$$T_{am} = F = M V_c$$

M = masa del material acelerado por segundo, slugs,

W = peso del material acelerado

$$= \frac{Q \times 2000}{3600}, \text{ lbs. por segundo}$$

$$Q = \text{tph}$$

$$g = 32.2 \text{ pie/seg}^2$$

$$M = \frac{W}{g} = \frac{Q * 2000}{3600 * 32.2}$$

V<sub>c</sub> = cambio de velocidad, pps,

$$= \frac{V - V_o}{60}$$

V = velocidad de diseño de la faja, ppm,

V<sub>o</sub> = velocidad de alimentación inicial del material como cae en la faja, ppm,

$$T_{am} = \frac{Q * 2000}{3600 * 32.2} * \frac{V - V_o}{60}$$

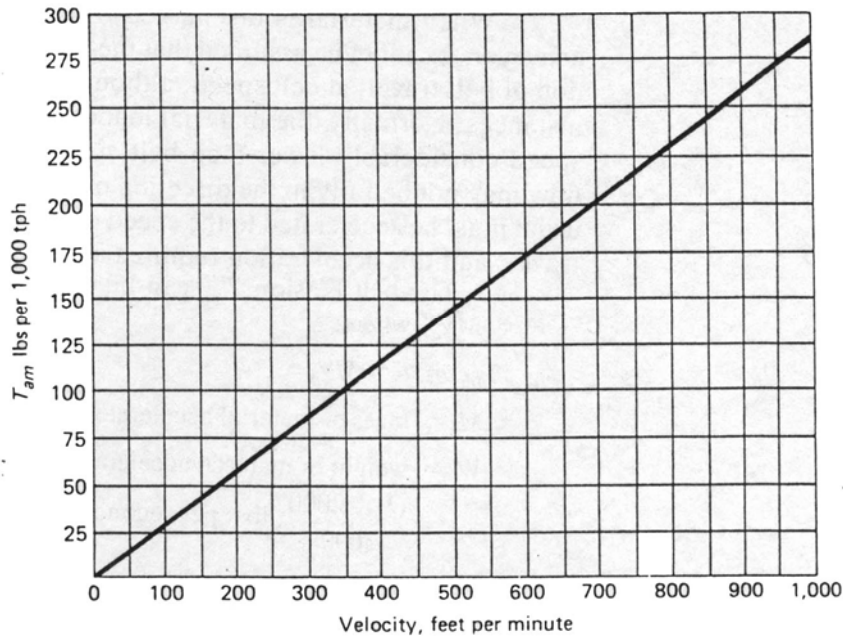
$$= 2.8755 \times 10^{-4} * Q * (V - V_o)$$

El gráfico en la Figura 6.3 proporciona medios convenientes para estimar la tensión de la faja, T<sub>am</sub>, para acelerar el material que se alimenta a la faja.

7. T<sub>ac</sub> - de la resistencia generada por los accesorios del transportador.

Los accesorios del transportador como los volteadores, apiladoras, desviadores, equipo de limpieza de la faja, y los faldones; normalmente agregan a la tensión efectiva, T<sub>e</sub>. Los requisitos adicionales de la tensión de la faja pueden darse como pérdidas por fricción, causadas por los accesorios. Si los accesorios elevan el material transportado se agregará una fuerza a la tensión de la faja.





Para usar esta gráfica:

- Entre con la velocidad de la faja y lea el valor de  $T_{am}$  por 1000 tph.
- Entre otra vez pero con la velocidad del material en la dirección del recorrido de la faja y lea el valor de  $T_{am}$  por 1000 tph, este valor puede ser positivo, cero o negativo.
- Reste el segundo valor del primero, convierta esta diferencia de 1000 tph al tonelaje real. Este valor será el  $T_{am}$  deseado, en lb.

Figura 6.3. Tensión Efectiva Requerida para acelerar material cuando es alimentado a la faja.

$T_{tr}$  - de los volteadores y apiladoras.

La fuerza de Tracción adicional en la Faja para flexionar la faja sobre las poleas y realizar el rodamiento de las poleas sobre sus rodamientos puede calcularse por la Tabla 6-5 o Tablas C-1 y C-2.

La fuerza necesaria para elevar el material por encima de la unidad puede ser calculada por la fórmula =  $H * W_m$ , el lbs.

La fuerza de fricción de los rodillos, faja, y del material debe ser incluida con el resto del transportador.

$T_{pl}$  - de la fuerza de fricción de los desviadores.

El uso de un desviador en un transportador requerirá una tensión adicional de la faja para superar tanto el desviado como las resistencias de fricción desarrolladas.

Mientras el transportador de Faja plana puede acondicionarse con varios desviadores para descargar el material en posiciones deseadas, raramente se usará mas de un desviador a la vez en un tramo de la faja transportadora. Sin embargo, cuando se usan desviadores de proporción cada desviador toma una porción de la carga de la faja dos o incluso tres desviadores separados pueden estar simultáneamente en contacto con el tramo de transporte de la faja.

Para tener un valor aproximado de la tracción adicional de la faja que normalmente se requerirá en buen ajuste, desviadores protegidos con caucho, pueden usarse los valores dados en la Tabla 6-6.

**Tabla 6-6**  
**Asignación de Desviadores de Descarga**

Tipo de Desviador	Tracción Adicional de la Faja por desviador, en la línea de la faja (lb/pulgada de ancho de la faja)
De viraje total o desviador simple de tubo biselado removiendo todo el material de la faja	5.0
De viraje parcial o desviador simple de tubo biselado removiendo la mitad del material de la faja	3.0

$T_{bc}$  - de los dispositivos de Limpieza de la Faja.

Los dispositivos de limpieza que rascan la faja se agregan directamente a la fuerza de tracción de la faja. La tracción adicional de la faja requerida para los dispositivos de Limpieza de la Faja puede variar de 2 a 14 lbs por pulgada de ancho de contacto con la hoja del rascador. Esta amplia variación se debe a los diferentes tipos de hojas de limpieza y a los sistema simple de limpieza vs. los sistemas múltiples de limpieza que están disponibles. En lugar de los datos en sistemas de limpieza específico usados, use 5 lbs por pulgada de ancho de contacto de la hoja del rascador para cada hoja o dispositivo rascador en contacto con la faja.

Los cepillos rotatorios y los dispositivos de limpieza rotatorios similares no afectan la tracción en la faja apreciablemente, si es independientemente accionado y apropiadamente ajustado. Si tales dispositivos son accionados por el eje motriz del transportador, la Potencia adicional apropiada debe añadirse al accionamiento para su operación. Consulte alguna compañía miembro del CEMA para la potencia requerida.

$T_{sb}$  - de la fricción de los faldones.

La fuerza necesaria para superar la fricción de los faldones es normalmente mayor por pie de faldón del transportador que la fuerza para mover la faja cargada sobre los rodillos. En algunos casos, esta fuerza puede ser significativa. Cuando la longitud total del transportador es varias veces la parte de la longitud equipada con faldones, los requerimientos adicionales de potencia para los faldones son relativamente pequeños, y en algunos casos despreciables. Sin embargo, si una gran porción del transportador está provista con faldones, la fuerza de tracción adicional requerida de la faja puede ser un factor mayor en la tensión efectiva requerida,  $T_e$ , para operar el transportador.

Cuando el espaciamiento de los faldones es las dos terceras partes del ancho de la faja, la profundidad de frotamiento del material con el faldón no superará al 10% del ancho de la faja, proporcionando un ángulo de sobrecarga no mayor de 20° cuando se carga en rodillos acanalados a 20°.

Una vez determinada la sección transversal de carga en la faja transportadora, la fricción de los faldones puede calcularse determinando la presión total del material contra el faldón, y luego multiplicar este valor por el coeficiente apropiado de fricción del material manejado. La presión del material contra el faldón puede ser calculada asumiendo que la cuña del material contenido entre el faldón vertical y el ángulo de reposo del material es soportado por igual tanto por el faldón como por la faja.

Esto ocasiona, que en la fórmula siguiente, el material asuma un ángulo de sobrecarga natural en los transportadores, igual a:

$$P = \frac{L_b d_m h_s^2 (1 - \text{seno } \phi)}{288 (1 + \text{seno } \phi)}$$

donde:  $P$  = fuerza total contra los faldones, lbs  
 $L_b$  = longitud de los faldones, pie, de un faldón,  
 $d_m$  = densidad aparente del material, lbs por pie cúbico,  
 $h_s$  = profundidad del material en contacto, pulg  
 $\phi$  = ángulo de reposo de material, grados.

Combinando la densidad aparente, el coeficiente de fricción, el ángulo de reposo, y la constante; en un factor para cada tipo de material, la fórmula puede expresarse como:

$$C_s = \frac{2 d_m}{288} \frac{1 - \text{seno } \phi}{1 + \text{seno } \phi}$$

$$T = (C_s)(L_b h_s^2) = C_s L_b h_s^2$$

donde:  $T$  = tensión de la faja para superar la fricción de los faldones de los faldones paralelos, en lbs,  
 $C_s$  = factor para los diferentes materiales, Tabla 6-7.

**Tabla 6-7**  
**Factor de Fricción con el Faldón,  $C_s$**

Material	Factor $C_s$	Material	Factor $C_s$	Material	Factor $C_s$
Alúmina, pulv.,seca	0.1210	Coque, molido fino	0.0452	Piedra de cal, pulv., seca	0.1280
Ceniza, de carbón de piedra,seca	0.0571	Coque, en trozos y fino	0.0186	Cloruro de Magnesio , seco	0.0276
Bauxita, molida	0.1881	Copra, en trozos	0.0203	A venas	0.0219
Frijoles, Navy,secos	0.0798	Cullet	0.0836	Fosfato roca, seca, partida	0.1086
Borax	0.0734	Trigo, harina	0.0265	Sal, común, seca fina	0.0814
Bran, granulado	0.0238	Grano, trigo maíz o centeno	0.0433	Arena, seca,de cantera	0.1378
Cemento, Portland, seco	0.2120	Grava,extraída de mina	0.1145	Aserrín, seco	0.0086
Cemento clinker	0.1228	Y eso , cernido hasta 1/2"	0.0900	Ceniza de soda,pesada	0.0705
Arcilla, ceramica,seca fina	0.0924	Mineral de hierro , 200 lbs por cada pie	0.2760	Almidón,en trozos grandes	0.0623
Carbón de piedra, antracita, medida	0.0538	Cal, quemada, 1/8"	0.1166	Azúcar,granulada seca	0.0349
Carbón de piedra, bituminoso, extraído de mina	0.0754	Cal, hidratada	0.0490	Viruta de madera, hogged combustible	0.0095

A este valor de fricción de los faldones deben agregarse 3 lbs por cada pie lineal de cada faldón, para superar la fuerza de fricción de los bordes revestidos con caucho de los faldones, usados con la faja. Entonces,

$$T_{sb} = T + 2 L_b * 3$$

$$= C_s L_b h_s^2 + 2 L_b * 3$$

$$T_{sb} = L_b (C_s h_s^2 + 6)$$

### Resumen de las Componentes de $T_e$

Una vez que se han compilado, los componentes de la tensión de la faja,pueden sumarse para determinar la tensión efectiva requerida,  $T_e$ , en la polea de accionamiento.

$T_e$  es igual al total de lo siguiente:

$T_x$ , fricción de los rodillos	$= L * K_x * K_t$
+ $T_{yc}$ , flexión de la faja, de los rodillos de transporte	$= L * K_y * W_b * K_t$
+ $T_{yr}$ , flexión de la faja, de los rodillos de retorno	$= L * 0.015 * W_b * K_t$
Subtotal (A)	$= L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b)$
+ $T_{ym}$ , flexión del material	$= L * K_y * W_m$
+ $T_m$ , elevación o baja	$= \pm H * W_m$
Subtotal (B)	$= W_m (LK_y \pm H)$
+ $T_p$ , resistencia de la polea,	
+ $T_{am}$ , aceleración del material,	
+ $T_{ac}$ , accesorios	$(T_{tr} + T_{pl} + T_{bc} + T_{sb})$
Subtotal (C)	$= T_p + T_{am} + T_{ac}$

$T_e =$  Sumatoria de Subtotales (A), (B), y (C)

$$= L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

### **Fórmula CEMA para la Potencia**

---

La ecuación 1, proporciona los medios para el cálculo de la potencia requerida por la faja transportadora que tiene una tensión efectiva,  $T_e$ , en la polea motriz y una velocidad del diseño,  $V$ , de la faja, como sigue:

$$hp = \frac{T_e * V}{33,000}$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2), la potencia requerida por la carga puede expresarse como sigue:

$$hp = \frac{V}{33,000} [L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (L K_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac}]$$

El motor que accionará la faja transportadora totalmente cargada sin sobrecalentarse no podrá ser capaz de acelerar el transportador cargado desde el reposo hasta la velocidad de diseño. Para asegurar la capacidad de arranque adecuada, deben darse las condiciones siguientes. Primero, el torque del rotor enclavado del motor debe exceder la suma del torque exigido para elevar el material, más aproximadamente dos veces el torque requerido para superar la fuerza de fricción de todo el transportador, a pesar de cualquier posible deficiencia del suministro de voltaje que pueda existir durante el periodo de aceleración. Esto no puede ser posible en grandes transportadores, horizontales o inclinados.

Segundo, la curva velocidad-torque del motor no debe caer por debajo de la línea dibujada desde el requerimiento de torque del rotor enclavado hasta el requerimiento de la potencia de movimiento a toda velocidad. Esto se explica más adelante, en el Capítulo 13, "Mandos y Motores".

Para ejemplos que ilustren el uso de las ecuaciones que determinan la tensión efectiva de la faja,  $T_e$ , en la polea motriz y la potencia de accionamiento para operar la faja transportadora, consultar los dos problemas.

También es posible llegar a una aproximación muy cercana de la potencia requerida para operar la faja transportadora por medio de una solución gráfica. Este método, usado bajo las condiciones apropiadas, es rápido y relativamente simple. Generalmente, una solución gráfica proporcionará un valor algo conservador de la potencia requerida. Sin embargo, debe reconocerse que es impráctico incorporar todos los elementos de diseño de la faja transportadora en una solución gráfica simple. Por consiguiente, los gráficos deben usarse basados en una comprensión completa de todos los

aspectos del método analítico del cálculo de la tensión y la potencia de la faja para luego permitir el ajuste de los resultados a considerar en situaciones inusuales. Se recomienda que el diseño final se base en cálculos hechos por el método analítico. El método gráfico para el diseño de transportadores de faja se describe más adelante.

### Relaciones de la Polea Motriz

La fuerza requerida para accionar el transportador debe transmitirse desde la polea motriz a la faja por medio de la fricción entre sus dos superficies. La fuerza requerida para detener un transportador regenerador declinado se transmite exactamente de la misma manera. En la transmisión de potencia, debe haber una diferencia del valor de la tensión, entre lo que entra y lo que abandona la polea motriz. Esta diferencia en las tensiones es proporcionada por la fuente de la potencia de accionamiento. Las figuras 6.4 y 6.5 ilustran arreglos típicos de poleas motrices simples.

Figura 6.4. Transportador Inclinado u horizontal, la polea acciona la faja

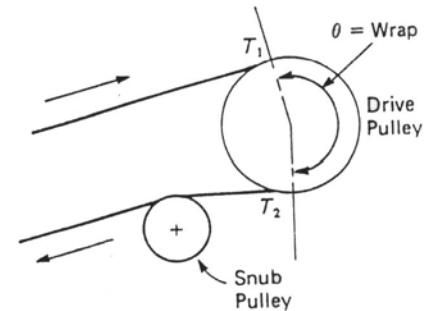
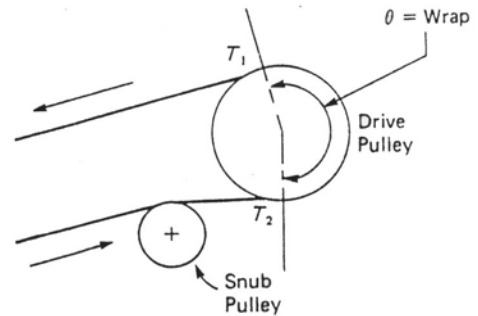


Figura 6.5. Transportador Declinado. Menos cargado con regeneración, la faja acciona la polea.



Se debe notar que si la potencia se transmite de la polea a la faja, la porción de la faja que entra tendrá la tensión mayor,  $T_1$ , y la porción que sale, la menor  $T_2$ . Si la potencia se transmite de la faja a la polea, como en un transportador regenerador en declive, los valores son al revés. El arrollamiento, aquí hace referencia al ángulo del arco de contacto que la faja hace con la circunferencia de la polea.

### Factor de Arrollamiento, $C_w$

Es un valor matemático usado en la determinación de la tensión efectiva de la faja,  $T_e$ , que puede desarrollar la polea motriz de forma confiable. El valor de  $T_e$  que puede desarrollarse está determinado por el coeficiente de fricción que existe entre la polea y la faja, el ángulo de arrollamiento, y los valores de  $T_1$  y  $T_2$ . Se usan los siguientes símbolos y fórmulas para evaluar las relaciones de polea motriz:

$$T_e = T_1 - T_2 = \text{tensión efectiva de la faja, lbs,}$$

$$T_1 = \text{tensión del lado tenso en la polea, lbs}$$

$$T_2 = \text{tensión del lado flojo en la polea, lbs}$$

$$e = \text{base de logaritmos neperiano} = 2.718$$

f = coeficiente de fricción entre la superficie de la polea y la faja (0.25 faja recubierta con caucho accionada por polea de acero sin revestimiento o de hierro fundido; 0.35 faja recubierta con caucho accionada por polea de forrada de caucho). Valores aplicables a los cálculos de funcionamiento normales.

$\theta$  = ángulo de arrollamiento de la faja alrededor de la polea, en radianes (un grado = 0.0174 radianes)

$C_w$  = factor de arrollamiento (vea la Tabla 6-8)

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{e^{f\theta} - 1}$$

Debe notarse que los factores de arrollamiento no determinan  $T_2$  pero si establecen un valor mínimo seguro por una faja seca. Una faja y polea húmeda reducirán substancialmente la potencia que se puede transmitir de una a otra debido a un valor menor del coeficiente de fricción entre las superficies húmedas. En muchos casos, como cuando se acanala el revestimiento en la polea, se disminuye este problema. Sin embargo, la mejor solución es mantener el lado accionado de la faja, seco. Si esto es impráctico, es útil incrementar el ángulo de arrollamiento, o proporcionar algunos medios de aumentar la tensión en el lado flojo,  $T_2$ . Esto puede hacerse, por ejemplo, aumentando el contrapeso en el tensor de gravedad.

### Factor de Arrollamiento con Tensor de Tornillo

Cuando se usa el tensor de tornillo, la Tabla 6-8 indica un incremento en el factor de arrollamiento. Este factor de arrollamiento incrementado es necesario para proporcionar la suficiente tensión en el lado flojo,  $T_2$ , para accionar el transportador a pesar de la cantidad de estiramiento en la faja transportadora, ya que el tensor de tornillo no tiene ninguna prevención automática.

**Tabla 6-8**  
**Factor de Arrollamiento,  $C_w$  (Fajas con cubierta de caucho)**

Tipo de Polea Motriz	Arrollamiento $\theta$	Tensor automático		Tensor manual	
		Polea desnuda	Polea recubierta	Polea desnuda	Polea recubierta
Simple sin polea de reenvío	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
Simple con polea de reenvío	200°	0.72	0.42	1.0	0.7
	210°	0.66	0.38	1.0	0.7
	220°	0.62	0.35	0.9	0.6
	240°	0.54	0.30	0.8	0.6
Dual	380°	0.23	0.11	0.5	0.3
	420°	0.18	0.08	-	-

\* Los valores duales se basan en una distribución ideal entre la polea primaria y secundaria.

Nota: Para fajas húmedas y recubrimiento llano use el factor de polea desnuda  
 Para fajas húmedas y recubrimiento de garganta use el factor de polea recubierta.  
 Si el arrollamiento es desconocido, asuma lo siguiente:

Tipo de Accionamiento	Assumed wrap
Simple – sin polea de reenvío	180°
Simple – con polea de reenvío	210°
Dual	380°

## Arrollamiento q (Arco de Contacto)

Hasta ahora, se ha mostrado que la relación entre los valores conocido como  $T_1$ , tensión en el lado tenso (y generalmente la tensión para la cual la faja debe diseñarse y construirse), y  $T_2$ , tensión en el lado flojo (valor mínimo que debe estar existir para accionar la faja con éxito), está influenciado por el ángulo de arrollamiento de la faja alrededor de la polea motriz y por los coeficientes de fricción establecidos por las superficies de la faja y la polea cuando están en contacto. Se ha indicado que el coeficiente de fricción puede variar cuando se acciona una faja revestida de caucho por medio de una polea de acero sin recubrimiento o por una de hierro fundido, o por una forrada con caucho.

El ángulo de arrollamiento de la faja alrededor de la polea motriz puede variar por el uso de una polea de reenvío o, para ángulos mayores de arrollamiento, por medio del suministro de la potencia, bajo condiciones apropiadas, a más de una polea motriz.

Los límites de los arrollamientos para varios tipos de poleas motrices puede determinarse por la Tabla 6-9.

**Tabla 6-9**  
**Límites de Arrollamiento**

Tipo de polea Motriz	Límites de arrollamiento*	
	Desde	A
Simple sin polea de reenvío	180°	180°
Simple con polea de reenvío	180°	240°
Dual	360°	480°

\* Los ángulos de arrollamiento de encima son aplicables tanto a poleas desnudas como a poleas recubiertas.

Para la mayoría de los casos, la faja tendrá un ángulo de arrollamiento alrededor de la polea motriz de aproximadamente 180° a 240°. A menudo, será necesario colocar una polea que usa un ángulo mayor que 180°. Esto se cumple para la colocación apropiada de una polea de reenvío que puede aumentar el ángulo de arrollamiento a 240°. Sin embargo, su uso está limitado a los siguientes factores : (1) el diámetro de la polea de reenvío está limitado por las especificaciones de la faja; (2) para empalmar una nueva faja o reemplaza algún tramo entre poleas, debe dejarse un espacio libre adecuado entre los aros de las poleas; (3) la dirección de la faja al salir de la polea de reenvío (más el espacio libre para los sujetadores de la faja, etc.) debe estar por debajo de la placa de la plataforma o en la parte inferior de los rodillos de transporte. Estas limitaciones restringirán a que la polea de reenvío no tenga un ángulo de arrollamiento mayor a 240°, en la mayoría de los casos. Si un ángulo mayor de envoltura es necesario, puede ser necesario usar una polea motriz dual.

### Polea Motriz Dual

Una Polea Motriz Dual utiliza dos o más motores separados, uno o varios accionan la polea motriz primaria y otro u otros accionan la polea motriz secundaria. La Tabla 6-8, del Factor de Arrollamiento,  $C_w$ , muestra que el mayor incremento en el arrollamiento disponible al usar una polea motriz dual. Este aumento en el valor del arrollamiento disponible puede proporcionar tensiones de faja máximas menores y un costo de diseño del transportador más bajo y eficiente.

En cualquier sistema dónde dos poleas del paseo están involucradas, la polea secundaria empieza con un cierto valor de  $T_2$ . Dependiente del ángulo de arrollamiento y del coeficiente de fricción aplicable, la polea secundaria puede producir un valor,  $T_3$ , tal que:

$$T_1 - T_3 = T_{ep} \text{ (primaria)}$$

$$T_3 - T_2 = T_{es} \text{ (secundaria)}$$

$$T_{ep} \text{ (primaria)} + T_{es} \text{ (secundaria)} = T_e \text{ (total para el transportador)}$$

El valor,  $T_3$ , para la polea secundaria, es obviamente el único valor disponible a ser usado como tensión del lado flojo en la polea primaria precedente. Este valor de  $T_3$ , agregado al  $T_{ep}$ , para la polea primaria, da el valor de  $T_1$ . La suma tanto de la secundaria  $T_{es}$  como de la primaria  $T_{ep}$  da un valor total de  $T_e$ , valor que puede producir la Polea Motriz Dual combinada.

Para la máxima eficiencia de una polea motriz doble o dual, como se ha descrito anteriormente, es evidente que el tamaño proporcional de los dos motores empleados debe tener una relación apropiada con los ángulos de arrollamiento y los coeficientes de fricción de las poleas respectivas.

La razón de tensiones de lado tenso/lado flojo para cada uno de los componentes del accionamiento, cuando se multiplican juntos, dan la constante que se aplicaría al accionamiento total o combinado. O, de otra forma,  $T_1/T_3$  multiplicado por  $T_3/T_2$ , dará  $T_1/T_2$ , previniendo condiciones de accionamiento iguales para ambas poleas. Sin embargo, el accionamiento primario usa el lado limpio de la faja mientras que el secundario se deja que opere en el lado sucio o de transporte de la faja, el coeficiente de fricción y el factor de arrollamiento para la polea secundaria variará y la relación de la tensión deberá investigarse.

Para cualquier accionamiento del transportador que utilice más de una polea motriz, es recomendable un arreglo de polea de reenvío, para que ambas poleas trabajen en el mismo lado limpio de la faja.

Los siguientes símbolos y fórmulas serán de ayuda al evaluar las relaciones de la polea de accionamiento para polea motrices duales:

$T_3$  = tensión de la faja entre las poleas motrices primaria y secundaria

$C_{ws}$  = factor de arrollamiento para la polea motriz secundaria

$C_{wp}$  = factor de arrollamiento para la polea motriz primaria

$C_w$  = factor de arrollamiento combinado para las dos poleas motrices

$T_{es}$  = tensión efectiva en la polea motriz secundaria

$T_{ep}$  = tensión efectiva en la polea motriz primaria

$$T_2 = T_e C_w$$

$$T_1 = T_2 + T_e$$

$$T_1 = T_{ep} + T_3$$

$$T_3 = T_2 + T_{es}$$

$$C_{wp} = \frac{T_3}{T_{ep}}$$

$$C_{ws} = \frac{T_3}{T_{es}} - 1$$

$$T_e = T_{es} + T_{ep}, \text{ de donde,}$$

$$T_2 = (T_{es} + T_{ep}) (C_w)$$



$$T_{es} = \frac{T_2}{C_{ws}} \quad \text{por definición}$$

$$T_{ep} = \frac{T_3}{C_{wp}} \quad \text{por definición}$$

$$T_3 = T_2 + T_{es}, \text{ de donde,}$$

$$T_{ep} = \frac{T_2 + T_{es}}{C_{wp}}$$

Sustituyendo:

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{T_2}{C_{ws}} + \frac{T_2 + T_{es}}{C_{wp}} \quad C_w \\ &= \frac{T_2}{C_{ws}} + \frac{T_2}{C_{wp}} + \frac{T_{es}}{C_{wp}} \quad C_w \\ T_2 &= \frac{T_2 C_{wp} + T_2 C_{ws} + T_{es} C_{ws}}{C_{ws} C_{wp}} \quad C_w \end{aligned}$$

resolviendo para  $C_w$ , y siendo  $T_{es} C_{ws} = T_2$ ,

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{T_2 C_{ws} C_{wp}}{T_2 C_{wp} + T_2 C_{ws} + T_2}, \text{ y como } T_{es} C_{ws} = T_2, \\ C_w &= \frac{C_{ws} C_{wp}}{C_{wp} + C_{ws} + 1} \end{aligned}$$

Por ejemplo, si los ángulos de arrollamiento tanto de la polea motriz primarias como secundaria valen  $180^\circ$  y  $220^\circ$ , respectivamente, los factores son como sigue, para las poleas revestidas (vea la Tabla 6-8):

$$C_{ws} = 0.35 \text{ para un ángulo de arrollamiento de } 220^\circ$$

$$C_{wp} = 0.50 \text{ para un ángulo de arrollamiento de } 180^\circ$$

$$C_w = 0.095 \text{ para un ángulo de arrollamiento de } 400^\circ, \text{ por interpolación entre } 380^\circ \text{ y } 420^\circ, \text{ o:}$$

$$C_w = \frac{C_{wp} C_{ws}}{1 + C_{wp} + C_{ws}} = \frac{(0.5)(0.35)}{1 + 0.35 + 0.50} = 0.0945$$

Las tensiones exteriores en la polea motriz dual es igual que para las poleas motrices simples.

Una parte de la tensión efectiva,  $T_e$ , se toma en la polea motriz primaria y la otra en la polea motriz secundaria. Usando dos motores, la razón entre  $T_{ep}$  y  $T_{es}$  es la misma que hay entre los valores de las potencias de los dos motores.

Por ejemplo, si la potencia calculada total es de 250 HP, esta podría proporcionarse, tomando en cuenta las pérdidas mecánicas, usando un accionamiento primario de 200 HP y uno secundario de 75 HP, con una eficiencia del 90%.

La polea primaria tomaría

$$(200/275)(250) = 182 \text{ hp}$$

La polea secundaria tomaría

$$(75/275)(250) = 68 \text{ hp}$$

Si la velocidad de la faja, V, fuera 400 ppm, entonces,

$$T_{ep} = \frac{(182)(33,000)}{400} = 15,000 \text{ lbs}$$

$$T_{es} = \frac{(68)(33,000)}{400} = 5,625 \text{ lbs}$$

y

$$\frac{T_{ep}}{T_{es}} = \frac{15,000}{5,625} = 2.67 \quad (\text{vea Problema 1.})$$

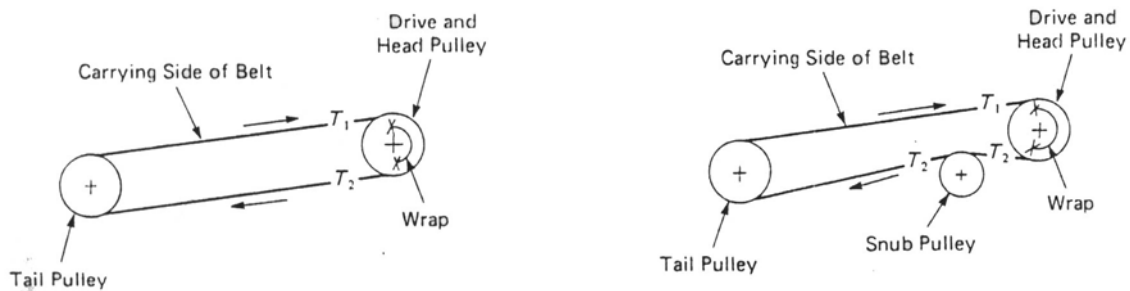
### Arreglos de Accionamiento

La selección y el diseño final de un arreglo del accionamiento de un transportador están influenciados por muchos factores, incluso los requisitos de operación, la ubicación física preferida, y los costos relativos a los componentes y a la instalación.

Las Figuras 6.6A a 6.7F ilustran algunas de las combinaciones del accionamiento que han sido construidos. Otros arreglos pueden situarse mejor a algún transportador en particular, en una situación particular. Las compañías miembro de CEMA pueden ayudar en las recomendaciones finales.

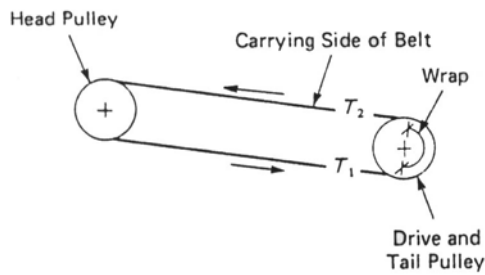
Note que los arreglos ilustrados que están en un tramo con una substancial pendiente son normalmente regeneradores y se indican así en el título.

Figura 6.6. Arreglos de Accionamiento de Poleas Simple

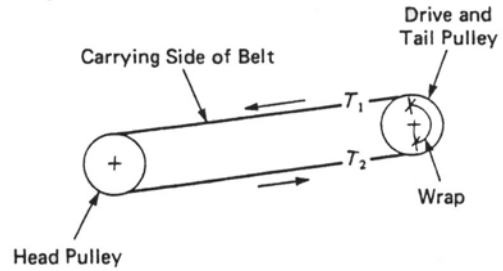


6.6A. Polea Motriz Simple de cabeza de transportador sin polea de reenvío.

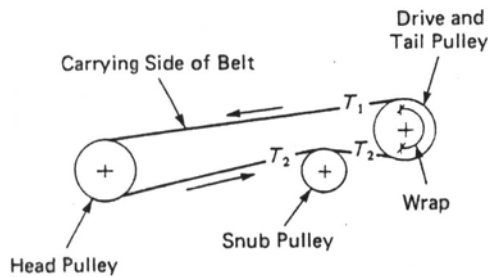
6.6B. Polea Motriz Simple de cabeza de transportador con polea de reenvío



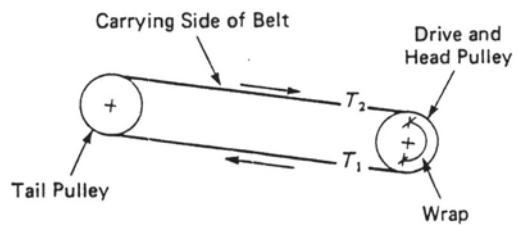
6.6C. Polea Motriz Simple de cola de transportador sin polea de reenvío. Usado cuando no se puede realizar el accionamiento de cabeza.



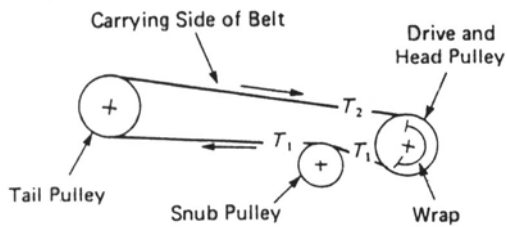
6.6D. Polea Motriz Simple de cola de transportador sin polea de reenvío. Regenerativo.



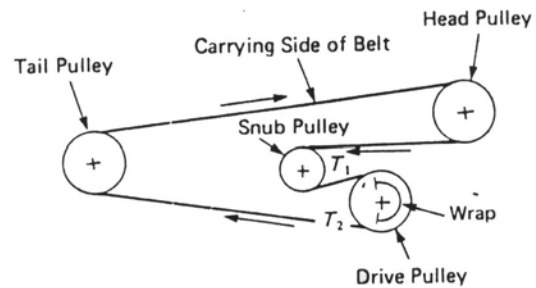
6.6E. Polea Motriz Simple de cola de transportador con polea de reenvío. Regenerativo.



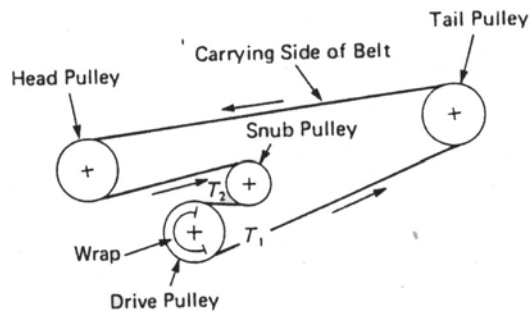
6.6F. Polea Motriz Simple de cabeza de transportador sin polea de reenvío. Regenerativo.



6.6G. Polea Motriz Simple de cabeza de transportador con polea de reenvío. Regenerativo.

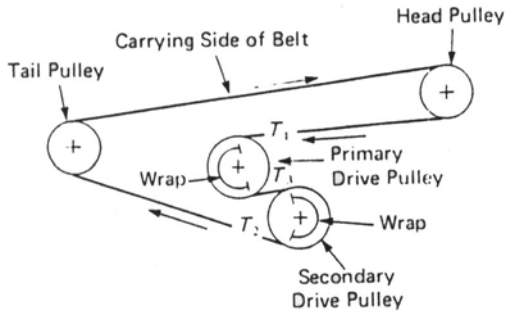


6.6H. Polea Motriz Simple en el Tramo de Retorno.

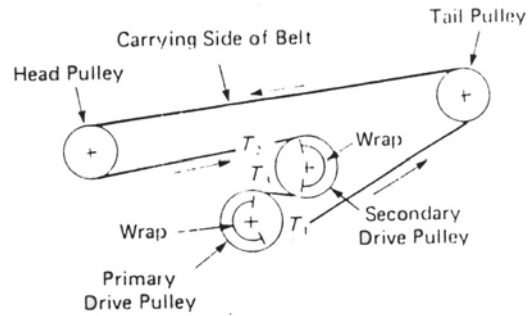


6.6I. Polea Motriz Simple en el Tramo de Retorno. Regenerativo.

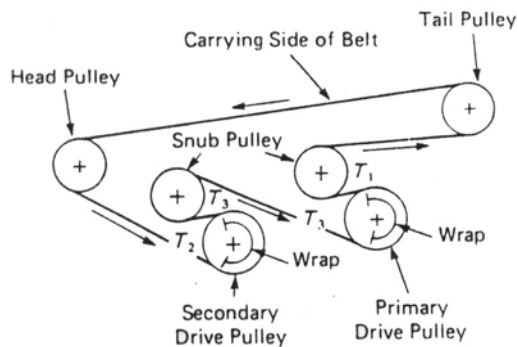
Figura 6.7. Arreglos de Accionamiento de Poleas Duales



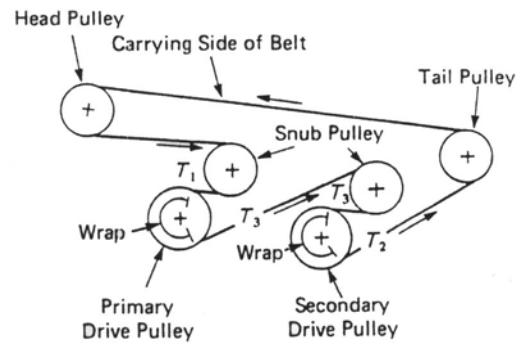
6.7A. Polea Motriz Dual de cabeza en el Tramo de retorno.



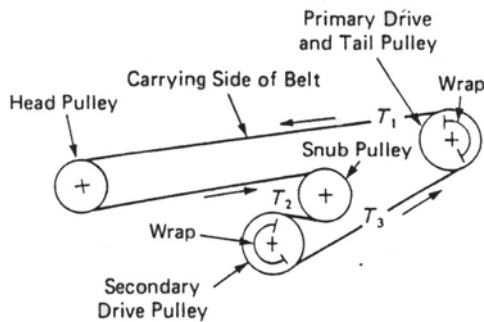
6.7B. Polea Motriz Dual de cabeza en el Tramo de retorno. Regenerativo.



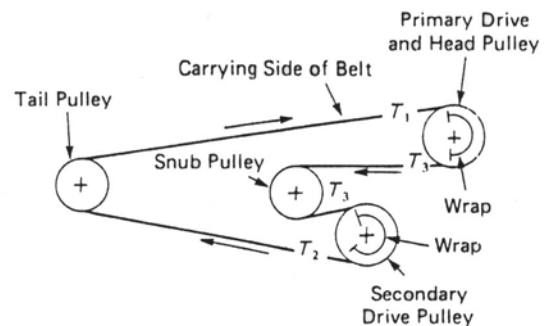
6.7C. Polea Motriz Dual en el tramo de retorno. Regenerativo.



6.7D. Polea Motriz Dual en el tramo de retorno. Las Poleas Motrices trabajan en el lado limpio de la faja.



6.7E. Polea Motriz Dual, con accionamiento primario de cola. Regenerativo.



6.7F. Polea Motriz Dual, con accionamiento primario de cabeza. Regenerativo.

## Tensiones de Faja Máxima y Mínima

Para los modelos de transportadores y accionamientos comunes ilustrados, las tensiones máximas y mínimas serán discutidas y se darán los procedimientos para calcular la tensión de la faja en cualquier punto del transportador. Las fórmulas aplicables se indican con varios modelos y accionamiento donde se involucran poleas motrices simples. Las tensiones involucradas en las poleas motrices múltiples se tratan separadamente.

### Tensión Máxima de la Faja

Tensión Máximo de Operación. Se define como la tensión máxima en la faja, que ocurre cuando la faja está llevando la carga de diseño continuamente desde el punto de carga hasta el punto de descarga. La tensión máxima de operación

normalmente ocurre en el punto de descarga, en los transportadores horizontales o inclinados y en el punto de carga en los transportadores en declive regenerativos. En los transportadores compuestos, la tensión máxima de operación ocurre frecuentemente en otro punto. Debido a que la tensión máxima de operación debe conocerse para seleccionar la faja, se deben determinar tanto su ubicación como su magnitud. Para los detalles en las tensiones de la faja, haga referencia a las Figuras 6.8 a 6.16.

Los Transportadores que tienen secciones horizontales y de pendiente negativa, u horizontal y de pendiente positiva pueden tener las tensiones máximas en puntos distintos al de la polea terminal. En este caso, las tensiones de la faja pueden calcularse, considerando las secciones horizontales e inclinadas como transportadores separados.

**Tensión Máxima de Operación Transitoria.** Es la tensión máxima que sólo ocurre para los periodos cortos de tiempo. Por ejemplo, un transportador con un perfil que contiene una cuesta, un declive, y luego otra cuesta, puede generar una tensión superior de operación cuando sólo las cuestas están cargadas y el declive está vacío. Estas tensiones máximas de operación transitoria deben ser consideradas en la selección de la faja y la maquinaria del transportador.

### **Tensión Máxima de Arranque y Parada**

El torque de arranque de un motor eléctrico puede ser mayor a 2 1/2 veces el valor del motor a plena carga. Semejante torque transmitido a una faja transportadora podría producir tensiones de arranque varias veces mayor al valor de la tensión de operación escogida. Para prevenir el debilitamiento progresivo de los empalmes y la consecuente falla, tales tensiones máximas de arranque que deben evitarse. Revise el Capítulo 13. Igualmente, si la faja se lleva al reposo muy rápidamente, sobre todo en los transportadores en declive, la inercia de la faja cargada puede producir altas tensiones.

El valor máximo, generalmente recomendado, para la tensión de arranque de la faja es 150% de la tensión de trabajo aceptable en la faja. En los transportadores con tensiones por debajo de 75 lbs por pulgada de pliegue o su equivalente, el máximo puede aumentarse a valores tan altos como 180%. Para valores permisibles de diseño finales, se debe consultar a los fabricantes del equipo transportador o de faja de caucho.

### **Tensión mínima de la faja, $T_{min}$**

Para transportadores que no sobrecargan el accionamiento, la tensión mínima de la faja en el tramo de transporte, ocurrirá normalmente en el extremo de cola (alimentación). Para transportadores que sobrecargan su accionamiento, la tensión mínima ocurrirá, generalmente, en la cabeza (descarga). La ubicación y la magnitud de la tensión mínima se da, en relación con el perfil del transportador y el accionamiento mostrados en las Figuras 6.8 a 6.16.

Se verá que la tensión mínima está influenciada por la tensión  $T_2$  requerida en el accionamiento, sin el deslizamiento de la faja sobre la polea, y por la tensión  $T_o$  requerida para limitar la flecha de la faja en el punto de tensión mínima. La tensión mínima se calculada para ambos casos y se toma el valor mayor. Si  $T_o$  que limita la flecha de la faja es mayor que  $T_{min}$ , producida por la tensión  $T_2$  necesaria para accionar la faja sin deslizamiento, una nueva tensión  $T_2$  se calcula, usando  $T_o$  y considerando la tensión de la cuesta,  $T_b$ , y la fricción del tramo de retorno de la faja,  $T_{yr}$ . Las fórmulas para el cálculos de  $T_2$ , teniendo  $T_o$ ,  $T_b$ , y  $T_{yr}$ , se dan para cada uno de los perfiles de los transportadores y arreglos de accionamientos.

### **Relaciones de tensión y flecha de la faja entre los rodillos**

---

El capítulo 5, "Arreglos para faja transportadora", se presentan los hechos básicos en el tema del espaciamiento de los rodillos. Un requisito importante, nombrado en el capítulo 5, fue que la flecha de la faja entre los rodillos debe limitarse para evitar el derrame del material llevado sobre los bordes de la faja. La flecha entre los rodillos se relaciona estrechamente al peso de la faja y del material, el espaciamiento de los rodillos, y la tensión en la faja.

### **Espaciamiento Graduado de los Rodillos Abarquillados**

Para los Transportadores con gran distancia entre centros, es práctico variar el espaciamiento de los rodillos para compensar la flecha de la catenaria de la faja con el incremento en la tensión de faja.

La ecuación básica para la flecha en una catenaria puede escribirse:

$$\text{Flecha, pie} = \frac{W S_i^2}{8 T}$$

donde  $W$  = peso, ( $W_b + W_m$ ), lb por pie, de la faja y del material,  
 $S_i$  = espaciamento del rodillo, pie,  
 $T$  = tensión en la faja, lb

La fórmula básica para la flecha también puede expresarse como una relación entre la tensión de la faja,  $T$ , el espaciamento de los rodillos,  $S_i$ , y el peso de faja y de la carga por pie, ( $W_b + W_m$ ), en la forma:

$y$  = cota vertical (flecha) entre rodillos, pie

$$y = \frac{S_i^2 (W_b + W_m)}{8 T}$$

La experiencia ha de mostrado que cuando una faja transportadora tiene una flecha de más del 3% de la luz entre rodillos, la carga se derrama, a menudo. Para un valor de 3% la ecuación se convierte en:

$$\frac{S_i^2 (W_b + W_m)}{8 T} = \frac{3 S_i}{100}$$

Mientras se usan ecuaciones de catenarias puras, el porcentaje de flecha aceptable toma en cuenta, factores como la rigidez de el armazón de la faja, el esfuerzo de la luz de faja debido a la forma de "canal" de la faja abarquillada, etc.

Simplificando para que la tensión mínima pueda producir varios porcentajes de flecha de la faja se obtiene las fórmulas siguientes:

$$\text{Para 3\% de la flecha, } T_o = 4.2 S_i (W_b + W_m)$$

$$\text{Para 2\% de la flecha, } T_o = 6.25 S_i (W_b + W_m)$$

$$\text{Para 1\% de la flecha, } T_o = 8.4 S_i (W_b + W_m)$$

Vea la Tabla 6-10 para los porcentajes de flecha recomendados para varias condiciones de carga total.

El espaciamento graduado debe calcularse para observar las siguientes limitaciones: (1) se debe mantener un máximo de 3%, cuando la faja está operando con una carga normal. (2) se debe mantener un máximo de 4.5%, cuando la faja cargada está detenida. (3) el espaciamento de los rodillos no debe exceder el doble del espaciamento normal sugerido listado en Tabla 5-2. (4) la carga sobre cualquier rodillo nunca debe exceder los valores de carga dados en el Capítulo 5.

Es más, el número de variaciones en el espaciamento se debe basar en consideraciones prácticas, como el número de secciones diferentes de carteras en la estructura de apoyo del transportador, para que los costos de fabricación de la estructura de apoyo no sean excesivos. Normalmente, el espaciamento de rodillos abarquillados varía en incrementos de 6 pulgadas.

Al limitar la flecha calculada a 3% del espaciamento, en cualquier punto en el transportador, generalmente, se prevendrá el derrame del material de la faja que opera sobre rodillos abarquillados a 20°.

Cuando se maneja material en trozos, en fajas que operan en rodillos abarquillados a 35° (o menos profundos), la tensión de la faja debe aumentarse, para reducir el porcentaje de la flecha. Las fajas transportadoras de abarquillamiento profundo, normalmente llevan una sección transversal relativamente grande de carga y el correspondiente alto peso del material por pie de longitud. Por consiguiente, el material ejerce una presión mayor contra el lado del abarquillamiento,

tendiendo a causar la flexión transversal mayor de la faja. El propósito de aumentar la tensión mínima en fajas que operan con abarquillamientos mayores que 20° es mantener la flexión transversal de la faja en una V a lo mínimo aceptable y así prevenir el derrame.

Similarmente, cuando se encuentran frecuentes oscilaciones de carga o cuando se espera un porcentaje considerable de trozos grandes, el peso del material por pie del transportador aumentará. Se recomienda la consideración de incrementar la tensión mínima de faja en, o muy cerca a, los puntos de carga.

**Tabla 6-10**  
**Porcentajes de flecha recomendados para varias condiciones de carga total.**

Angulo del rodillo abarquillado	Material		
	Todos los finos	One-half the maximum lump size*	Maximum lump size*
20°	3%	3%	3%
35°	3%	2%	2%
45°	3%	2%	1 ½ %

\* Ver la figura 4.1

Nota: Secciones Transversales de carga reducidas, permitirán un incremento en el valor de la flecha, que resulta en una menor tensión mínima. Tal elección puede llevar a una selección de faja más económica, así como a reducir la máxima tensión correspondiente.

**Tensión del Lado Flojo,  $T_2$ .** La tensión mínima requerida para accionar la faja sin el derramamiento es el producto de  $T_e$ , y  $C_w$ . Sin embargo, el valor a ser usado para la tensión mínima de faja en el tramo de transporte es o  $T_o$  (calculado anteriormente) más o menos la tensión  $T_b$  y más o menos la fricción de faja de retorno  $T_{yr}$ , o la tensión mínima para accionar sin el derramamiento  $T_e * C_w$ . Reestructurando y sustituyendo términos,

$$T_2 = T_o \pm T_b \pm T_{yr}$$

o, por la definición anterior,

$$T_2 = T_e C_w$$

Use el mayor valor de  $T_2$ .

**Tensión,  $T_b$ .** El peso del tramo de la faja de transporte y/o de retorno para un transportador inclinado es tomado por la polea en la cima de la cuesta. Esto debe ser considerado al calcular la tensión  $T_2$ , como se ha indicado anteriormente.

$$T_b = H W_b$$

donde  $W_b$  = el peso de faja, lb por pie,

$H$  = cambio neto en la elevación, pie

**Tensión de Fricción de Retorno de la Faja,  $T_{yr}$ .** La fricción del retorno de la faja es la tensión de la faja que resulta del movimiento de la faja vacía sobre los rodillos del tramo de retorno:

$$T_{yr} = 0.015 L W_b K_t$$

donde  $L$  = distancia, pie, del transportador entre centros de poleas terminales

$K_t$  = factor de corrección de la temperatura, definido anteriormente. Para las temperaturas sobre 32 °F,  $K_t = 1.0$

**Tensión de Faja para Transportadores de Declive Marginal.** Las consideraciones hechas para las pérdidas friccionales en un transportador se pensaron como suposiciones conservadoras. Cuando se trata de un transportador en declive deben descontarse, cuando se consideren junto con las tensiones máximas posibles regenerativas (o de potencia).

**Tensiones de Faja para Transportadores Típico.** En el cálculo de las tensiones en cualquier punto en estos perfiles de transportadores, las porciones del transportador con pendiente nula, con pendiente positiva, o negativa deben ser consideradas como transportadores separados.

**Tensión de Faja en Cualquier Punto, X, en la Longitud del Transportador** Para entender las fórmulas claramente que evalúan la tensión de la faja en cualquier punto, X, en la longitud de la faja transportadora, es necesario establecer la nomenclatura siguiente:

$L_x$  = distancia, pie, de la polea de cola al punto X a lo largo del transportador

$H_x$  = distancia vertical, pie, de la polea de la cola al punto X

$T_{cx}$  = tensión de la faja, lb, en el punto X en tramo de transporte

$T_{rx}$  = tensión de la faja, lb, en el punto X en tramo de retorno

$T_t$  = tensión de la faja, lbs, en la polea de cola,

$T_{hp}$  = tensión de la faja, lb, en la polea de cabeza,

$T_{wex}$  = tensión, lbs, en el punto X en el tramo de transporte, siendo el resultado del peso de la faja y del material llevado

$T_{fcx}$  = tensión, lb, en el punto X en el tramo de transporte, siendo el resultado de la fricción

$T_{wrx}$  = tensión, lbs, en el punto X en tramo de retorno, siendo el resultado del peso de la faja vacía

$T_{frx}$  = tensión, lbs, en el punto X en el tramo retorno, siendo el resultado de la fricción

$$T_{wex} = H_x (W_b + W_m)$$

$$T_{fcx} = L_x [K_t K_x + K_y W_b] + L_x K_y W_m$$

$$T_{wrx} = H_x W_b$$

$$T_{frx} = 0.015 L_x W_b K_t$$

Las fórmulas para  $T_{cx}$  y  $T_{rx}$  se dan para todos los perfiles y arreglos de las Figuras 6.8 a 6.16. [Las Tensiones de los accesorios del transportador ( $T_{ac}$ ) se han omitido por claridad; sin embargo, éstos deben considerarse para el diseño final.]

### **Análisis de las Tensiones de Faja**

Además del cálculo de la tensión efectiva,  $T_e$  que ocurre en la polea motriz, un diseñador debe considerar los valores de la tensión de faja que ocurren en otros puntos del recorrido de la faja del transportador.

Las Figuras 6.8 a 6.16 ilustran varios posibles esquemas de transportadores, perfiles y el análisis de tensión apropiado. Algunos de estos ejemplos se aplican más que otros; no se piensa que el orden de presentación de alguna preferencia de diseño. Muchos de estos diagramas ilustran el tensor, TU, en ubicaciones alternativas. Es muy raro para un transportador emplear más de un tensor; una sola ubicación preferida debe escogerse.



Figura 6.8. Poleas Motriz de Cabeza-Horizontal o Inclinado.\*

$$* T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_1 + T_b - T_{yr}$$

Use el valor más grande de  $T_2$

$$T_t = T_o \text{ o}$$

$$T_t = T_2 - T_b + T_{yr}$$

Use el valor más grande de  $T_t$

$$T_t = T_{min} \quad T_t = T_{max}$$

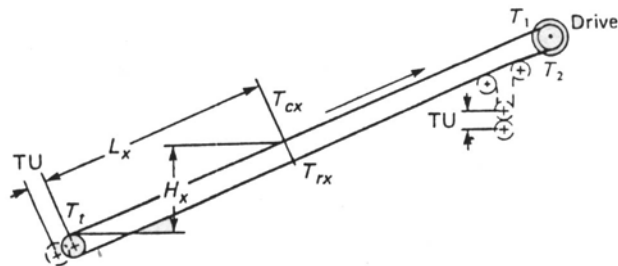
$$T_{cx} = T_t + T_{wex} + T_{fcx}$$

$$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{frx}$$

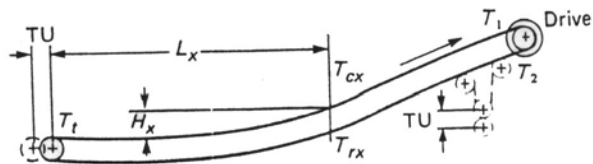
\*para transportadores en declive la tensión  $T$  requerida para uno vacío puede, a veces ser mayor que la tensión  $T$  para el transportador cargado.

Tensores en el tramo de retorno o en la polea de cola

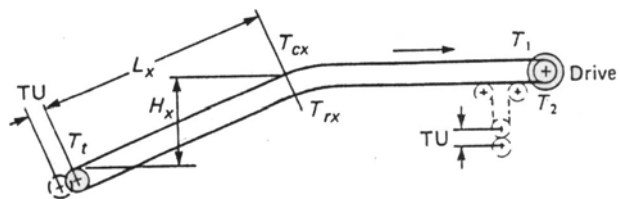
6.8A. Transportador Inclinado con Polea Motriz de Cabeza.



6.8B. Faja Transportadora Inclined con una curva vertical cóncava, y Polea Motriz de Cabeza.



6.8C. Faja Transportadora Inclined con una curva vertical convexa, y Polea Motriz de Cabeza.



\*Nota: Se muestran dos tensores solo para ilustrar las alternativas. Dos tensores automáticos no pueden funcionar apropiadamente en el mismo transportador.

Figura 6.9. Polea Motriz de Cabeza-Carga Descendente Regenerativo\*

$$* T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_o - T_e \text{ o } T_2 = T_o - T_b - T_{yr}$$

Use el valor más grande de  $T_e$

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = T_2 + T_b + T_{yr} \text{ o } T_1 = T_o + T_b + T_{yr} - T_e \text{ o } T_1 = T_o$$

$$T_{max} = T_t \text{ o } T_1$$

$$T_{min} = T_t + T_1$$

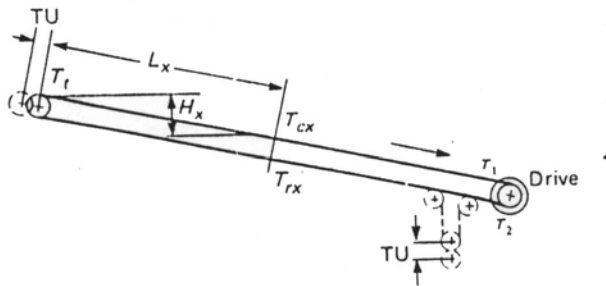
$$T_{cx} = T_t - T_{wcx} + T_{fcx}$$

$$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$$

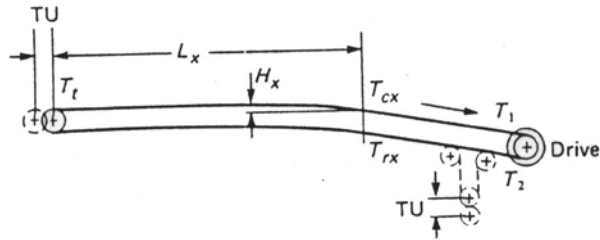
\* para transportadores en declive la tensión  $T$  requerida para uno vacío puede, a veces ser mayor que la tensión  $T$  para el transportador cargado.

6.9A. Transportador descendente con polea motriz de cabeza. sin carga regenerativa.

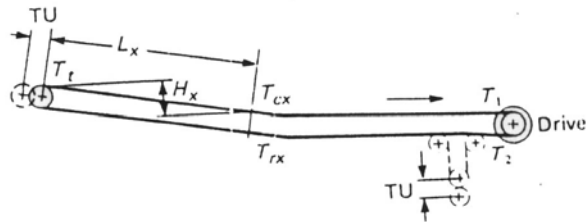
Tensores en el tramo de retorno o en la polea de cola



6.9B. Transportador con curva vertical convexa, polea motriz de cabeza. sin carga regenerativa.



6.9C. Transportador con curva vertical cóncava, polea motriz de cabeza. sin carga regenerativa.



\* Nota: Se muestran dos tensores sólo para ilustrar las alternativas. Dos tensores automáticos no pueden funcionar apropiadamente en el mismo transportador.

Figura 6.10. Polea motriz de cabeza - carga descendente regenerativo

$$* T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_o$$

Use el valor más grande de  $T_e$

$$T_t = T_{\max} = T_1 + T_b + T_{yfr} \text{ o } T_t = T_e + T_o - T_b + T_{yfr}$$

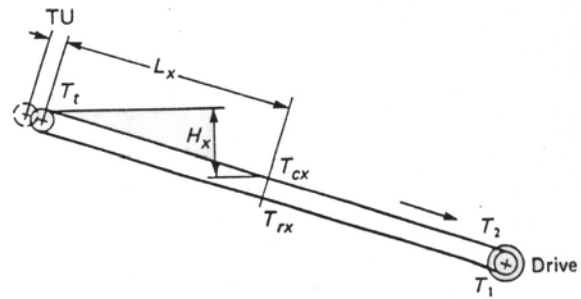
$$T_{\min} = T_2$$

$$T_{cx} = T_t - T_{wcx} + T_{fcx}$$

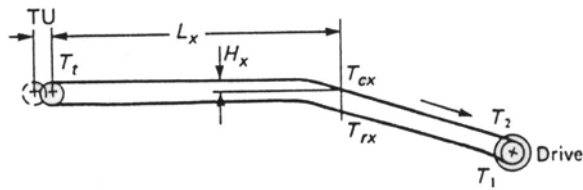
$$T_{rx} = T_t - T_{yWrx} - T_{frx}$$

Los tensores en el tramo de retorno no se recomiendan, para evitar el accionamiento a través del tensor.

6.10A. Transportador descendente con polea motriz de cabeza. Con carga regenerativa.



6.10B. Transportador con curva vertical convexa, polea motriz de cabeza. Con carga regenerativa.



6.10C. Transportador con curva vertical cóncava, polea motriz de cabeza. Con carga regenerativa.

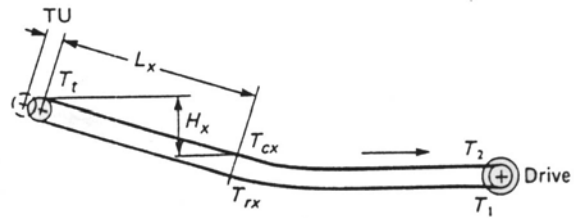




Figura 6.12. Polea Motriz de Cola - Carga Descendente sin Regeneración

$$T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_o + T_b + T_{yr} - T_e$$

Use el valor más grande de  $T_2$

$$T_{hp} = T_o \text{ o } T_{hp} = T_1 - T_b - T_{yr}$$

Use el valor más grande de  $T_{hp}$

$$T_{hp} = T_{min}$$

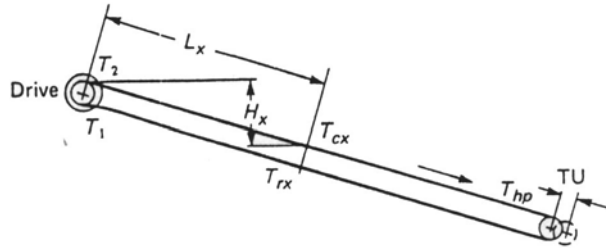
$$T_1 = T_e + T_2 = T_{max}$$

$$T_{cx} = T_2 - T_{wex} + T_{fex}$$

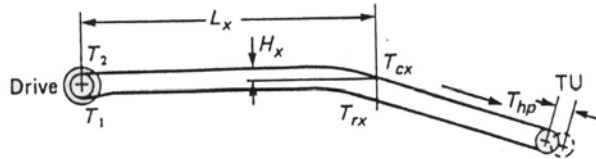
$$T_{rx} = T_1 - T_{wrx} - T_{frx}$$

Los tensores en el tramo de retorno no se recomiendan, para evitar el accionamiento a través del tensor.

6.12A. Transportador descendente con polea motriz de cola. Sin carga regenerativa.



6.12B. Transportador con curva vertical convexa, polea motriz de cola. Sin carga regenerativa.



6.12C. Transportador con curva vertical cóncava, polea motriz de cola. Sin carga regenerativa.

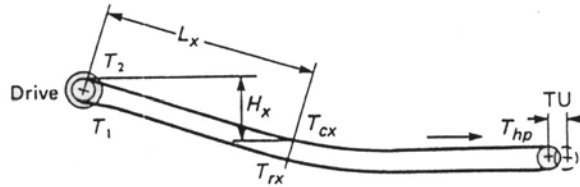




Figura 6.14. Accionamiento en Tramo de Retorno - Horizontal o Ascendente

$$T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_o - 0,015 W_b L_s + W_b H_d$$

aquí

$H_d$  = levantamiento de la polea de transmisión  
Use el valor más grande de  $T$

$$T_1 = T_{\min} \text{ y } T_1 = T_o$$

$$T_1 = T_2 + 0,015 W_b L_s - W_b H_d$$

Use el valor más grande de  $T$

$$L \rightarrow L$$

$$T_{hp} = T_e + T_2 + \frac{L - L}{L} (T - T_{yr}) \text{ o } T_{hp} = T_e + T_o + T_b - T_{yr}$$

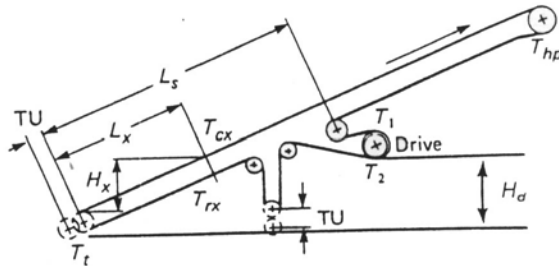
$$T_{hp} = T_{\max}$$

$$T_{cx} = T_1 - T_{fcx} + T_{wcx}$$

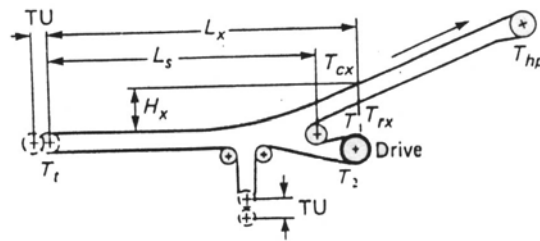
$$T_{rx} = T_1 - T_{frx} - T_{wrx}$$

Tensores en el tramo de retorno o en la polea de cola

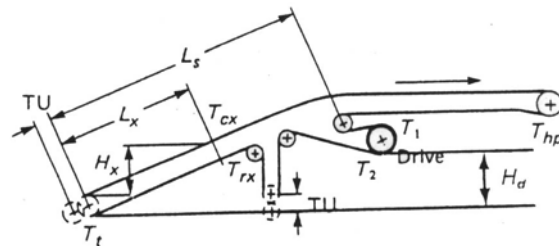
6.14A. Transportador ascendente con accionamiento en el tramo de retorno



6.14B. Transportador con curva vertical cóncava, y accionamiento en el tramo de retorno



6.14C. Transportador con curva vertical convexa, y accionamiento en el tramo de retorno



\*Nota: Se muestran dos tensores sólo para ilustrar las alternativas. Dos tensores automáticos no pueden funcionar apropiadamente en el mismo transportador.

Figura 6.15. Accionamiento en Tramo de Retorno - Carga Descendente sin Regeneración

$$T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_o - T_e \text{ o } T_2 = T_o - 0,015 W_b (t_s) - W_b H_d$$

Use el valor más grande de  $T$

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_t = T_2 + 0,015 W_b L_s + W_b H_d$$

aquí  
 $H_d$  = levantamiento de la puela de transmisión  
 Use el valor más grande de  $T$

$$T_{\max} = T_t \text{ o } T_1$$

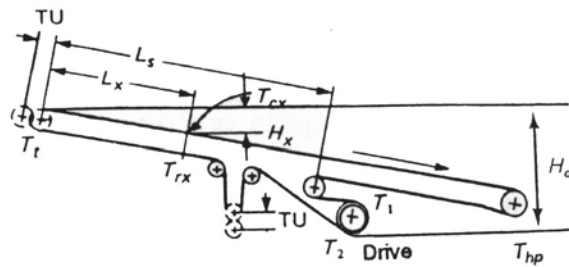
$$T_{\min} = T_t \text{ o } T_1$$

$$T_{hp} = T_t + T_{fcx} - T_{wcx}$$

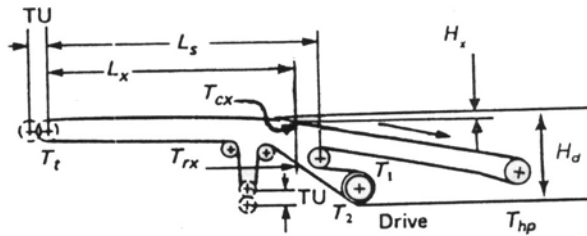
aquí  
 $L_x = L$   
 $T_{cx} = T_t + T_{fcx} - T_{wcx}$   
 $T_{rx} = T_t - T_{fix} - T_{wrx}$

Tensores en el tramo de retorno o en la puela de cola

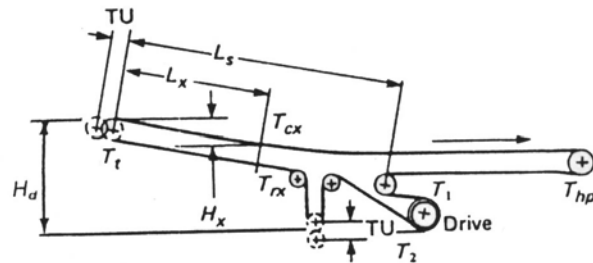
6.15A. Transportador Descendente con accionamiento en el tramo de retorno. Sin carga regenerativa.



6.15B. Transportador con curva vertical convexa, y accionamiento en el tramo de retorno. Sin carga regenerativa.



6.15C. Transportador con curva vertical cóncava, y accionamiento en el tramo de retorno. Sin carga regenerativa.



\* Nota: Se muestran dos tensores sólo para ilustrar las alternativas. Dos tensores automáticos no pueden funcionar apropiadamente en el mismo transportador.



Figura 6.16. Accionamiento en Tramo de Retorno - Carga Descendente con Regeneración\*

$$T_e = T_1 - T_2$$

$$T_2 = C_w * T_e \text{ o } T_2 = T_o + 0,015 W_b (L - L_s) + W_b (H - H_d)$$

Use el valor más grande de  $T_2$

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_t = T_{max} = T_1 + 0,015 W_b L_s + W_b H_d$$

Aquí

$H_d$  = levantamiento de la polea de transmisión

$$T_{hp} = T_o$$

$$T_{hp} = T_2 - 0,015 W_b (L - L_s) - W_b (H - H_d)$$

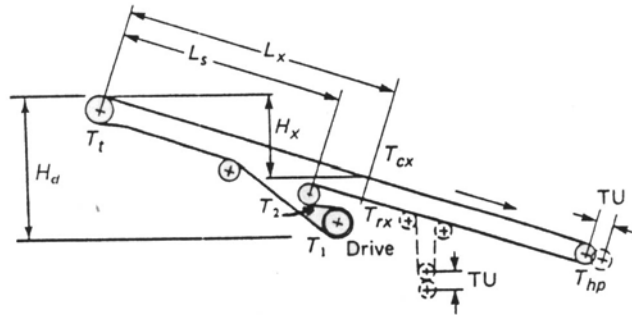
Use el valor más grande de  $T_{hp}$

$$T_{cx} = T_t + T_{wex} + T_{fex}$$

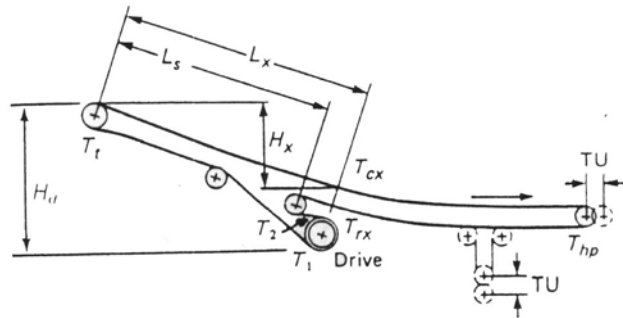
$$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$$

Tensores en el tramo de retorno o en la polea de cabeza

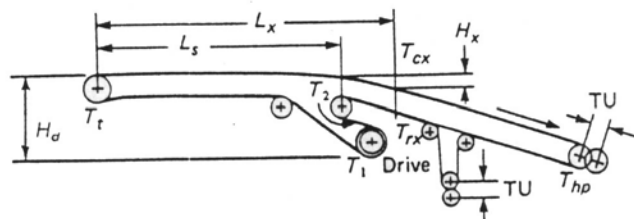
6.16A. Transportador descendente con accionamiento en el tramo de retorno. Con carga regenerativa.



6.16 B. Transportador con curva vertical cóncava, y accionamiento en el tramo de retorno. Con carga regenerativa.



6.16C. Transportador con curva vertical convexa, y accionamiento en el tramo de retorno. Con carga regenerativa.



\*Nota: Se muestran dos tensores sólo para ilustrar las alternativas. Dos tensores automáticos no pueden funcionar apropiadamente en el mismo transportador.

## Ejemplos de la Tensión de Faja

Un cálculo típico de varias tensiones en una faja transportadora con una Polea Motriz Simple se da a continuación.

### Ejemplo 1

Calcule varias de las tensiones de la faja para una de 30 pulgadas de la Figura 6.8A, con una distancia entre centros de 300 pie, y una altura de 50 pie. La capacidad es de 500 tph, el peso del material 100 lbs/pie<sup>3</sup>, a una velocidad de 350 ppm. La faja se lleva en rodillos de 5 pulg de diám. La clase es C5 (vea el Capítulo 5) con ejes de 3/4 pulg, con abarquillamiento de 35°. El espaciado es cada 3 ½ pie. El material contiene 50% de trozos. El peso de la faja es de 15.0 lbs por pie,  $W_b$ . El peso del material es 47.5 lbs por pie,  $W_m$ . La temperatura es 60 °F.  $T_e$  ha sido calculado y ha sido igual a 3 030 lbs.

Paso 1: Determine  $C_w$ . Asuma polea recubierta, tensor de gravedad, y arrollamiento de 180°. La Tabla 6-8 da  $C_w = 0.50$ .

Paso 2: Determine la tensión de la faja,  $T_2$ .  $T_2$  Mínimo para accionar =  $T_e * C_w (3\ 030)(0.50) = 1\ 515$  lbs.  $T_o$ , la tensión aceptable mínima para una flecha de 2% de la faja, de la página 104, es como sigue:

$$T_o = 6.25 \text{ Si } (W_b + W_m) = (6.25)(3.5)(15.0 + 47.5) = 1\ 367 \text{ lbs}$$

Usando la fórmula para determinar la tensión de fricción en el tramo de retorno,

$$L = 300$$

$$W_b = 15$$

$$K_t = 1.0, \text{ a } 60 \text{ °F.}$$

$$T_{yr} = 0.015 L W_b K_t = (0.015)(300)(15)(1) = 68 \text{ lbs}$$

$$T_2 \text{ (considerando } T_o) = T_o + T_b - T_{yr}$$

$$T_b = H W_b, = (50)(15) = 750 \text{ lbs}$$

$$\text{por consiguiente, } T_2 = 1,367 + 750 - 68 = 2\ 049 \text{ lbs}$$

Debido a que este valor es mayor que 1 515 lbs,  $T_2$  mínimo para el accionamiento, use  $T_2 = 2,049$  lbs.

Paso 3: Calcule  $T_1$ ,  $T_{max}$ , y las tensiones del tensor.

$$T_{max} = T_1 = T_e + T_2 = 3,030 + 2,049 = 5,079 \text{ lbs}$$

La tensión del Tensor depende de la ubicación del tensor de gravedad. Si se localiza cerca del extremo de cabeza, la tensión de la faja es  $T_2$  menos el peso de casi 3 pies de faja (45 lbs), o  $2\ 049 - 45 = 2\ 004$  lbs. Si se localiza cerca de la polea de cola, la tensión del tensor será aproximadamente igual que  $T_o$ :

$$T_o = T_2 + T_{yr} - T_b = 2,049 + 68 - 750 = 1,367 \text{ lbs}$$

(Las fricciones en la polea sin accionamiento se han omitido.)

Un cálculo típico de tensiones de la faja en una polea motriz dual, se da a continuación. El transportador está dado por la Figura 6.14A, pero la polea motriz dual es como la de la Figura 6.7F.

**Ejemplo 2**

Longitud del transportador = 1 200 pies  
 Velocidad de la faja = 400 ppm  
 $T_e$  en las poleas motrices = 20 625 lbs  
 La Potencia Requerida en las poleas motrices = 250 hp  
 La Potencia Total del Motor = 275 hp  
 Motor Accionador Primario = 200 hp  
 Motor Accionador Secundario = 75 hp  
 Peso de la faja,  $W_b$ , = 20 lbs por pie  
 $C_w = 0.11$ , según Tabla 6-8 (Arrollamiento de 380°, Poleas Recubiertas)

Paso 1: Calcule  $T_{ep}$  y  $T_{es}$ :

$$T_{ep} = \frac{200}{275} (250) \frac{33,000}{400} = 15\,000 \text{ lbs}$$

$$T_{es} = \frac{75}{200} (250) \frac{33,000}{400} = 5\,625 \text{ lbs}$$

Paso 2: Calcule  $T_2$ , que es el valor mínimo que evita el deslizamiento de la faja sobre la polea secundaria:

$$T_2 = T_e C_w = (20,625) (0.11) = 2,269 \text{ lbs}$$

Paso 3: Calcule  $T_3$ :

$$T_3 = T_2 + T_{es} = 2,269 + 5,625 = 7,894 \text{ lbs}$$

Paso 4: Calcule  $T_1$ :

$$T_1 = T_3 + T_{EP} = 7,894 + 15,000 = 22,894 \text{ lbs}$$

Paso 5: Calcule  $C_{wp}$  y  $C_{ws}$ :

$$C_{wp} = \frac{T_3}{T_{ep}} = \frac{7,894}{15,000} = 0.53, \text{ requiriendo un arrollamiento de } 180^\circ.$$

$$C_{ws} = \frac{T_3}{T_{es}} - 1 = \frac{7,894}{5,625} - 1 = 0.40, \text{ requiriendo uno de } 205^\circ.$$

Paso 6: Chequee  $T_2$ , usando la fórmula de la Figura 6.14A. Asuma que el transportador sea de 1,200 pie, la elevación es 60 pie,  $W_b = 20$ ,  $W_m = 80$ , el espaciamiento es 3½ pie, el accionamiento está en la cabeza del transportador.

$$T_o = T_{\min} = 6.25(W_b + W_m) \text{ Si } 6.25(20 + 80) 3.5 = 2,188 \text{ lbs}$$

(Vea "Tensión de Faja Mínima,")

$$T_{yr} = 0.015 L W_b K_t = (.015)(1,200)(20) = 360 \text{ lbs}$$

(Vea "Tensión de Fricción del Tramo de Retorno"; asuma temperatura sobre 32°,  $K_t = 1.0$ )

$$T_b = H W_B = (60)(20) = 1,200 \text{ lbs}$$

(Vea "Tensión,  $T_b$ ")

$$\text{Entonces } T_2 = T_{\min} + T_b - T_{yr} = 2188 + 1200 - 360 = 3,028 \text{ lbs}$$

Por consiguiente, como el valor  $T_2$  basado en  $T_{\min}$  es mayor que el valor mínimo de  $T_2$  para prevenir el deslizamiento (3 028 es mayor que 2,269), use a  $T_2 = 3,028 \text{ lbs}$ .

Paso 7: Calcule los valores corregidos de  $T_3$ ,  $T_1$ ,  $C_{ws}$ , y  $C_{wp}$ :

$$T_3 = T_2 + T_{es} = 3,028 + 5,625 = 8,653 \text{ lbs}$$

$$T_{\max} = T_1 = T_3 + T_{ep} = 8,653 + 15,000 = 23,653 \text{ lbs}$$

$$C_{ws} = \frac{T_3}{T_{es}} - 1 = \frac{8,653}{5,625} - 1 = 0.54$$

$$C_{wp} = \frac{T_3}{T_{ep}} = \frac{8,653}{15,000} = 0.58$$

En base a los factores de arrollamiento del Paso 5, que proporciona el valor mínimo para la tensión  $T_2$  para el accionamiento sin deslizamiento, la polea motriz secundaria requeriría un ángulo de  $205^\circ$ , y la polea motriz primaria requeriría uno de  $180^\circ$ .

El valor revisado de  $T_2$  y los valores revisados correspondientes de  $C_{wp}$  y  $C_{ws}$ , del Paso 7, indica que ambas poleas motrices podrían tener un ángulo de  $180^\circ$  de arrollamiento. Para tener la misma resistencia al deslizamiento, ambas poleas deberían tener el mismo ángulo de arrollamiento aproximadamente.

### Cálculos de Tensión de Faja

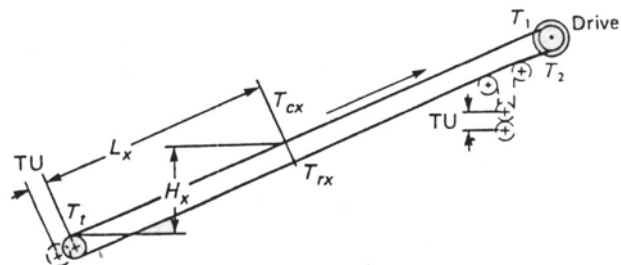
Se ofrecen cinco ejemplos ilustrativos para aclarar el uso de las fórmulas en la determinación de las tensiones de la faja en el punto X de la faja transportadora.

#### Ejemplo 1

La base para este ejemplo es el perfil de la Figura 6.8A de la página 102, repetido debajo.

Los tensores en el tramo de retorno o en la polea de cola

Figura 6.8A.



Faja Transportadora de 48 pulg

$W_b$  = peso de la faja = 15 lbs por pie

$W_m$  = peso del material = 106.6 lbs por pie

El abarquillamiento de los rodillos, 20°, Clase E6, diámetro de 6 pulg., espaciamento de 3½ pie, el factor  $A_i = 2.8$

Los rodillos de retorno, Clase C6, diámetro de 6 pulg., espaciamento de 10 pies,

$$K_t = \text{factor de corrección de temperatura} = 1.0$$

$$T_t = T_o = 1,788 \text{ lbs, como } T_o = T_{\min} \text{ aquí}$$

$$L_x = 1,000 \text{ pies}$$

$$H_x = 31.3 \text{ pies}$$

Para encontrar la tensión de la faja en el punto X del tramo de transporte:

$$T_{cx} = \text{tensión en el punto X en el tramo de transporte}$$

$$T_{wcx} = \text{tensión que resulta del peso de la faja y del material en el punto X}$$

$$T_{fcx} = \text{tensión que resulta de la fricción en el tramo de transporte en el punto X}$$

$$T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$$

$$T_{wcx} = H_x (W_b + W_m) = (31.3)(121.6) = 3,806 \text{ lbs}$$

$$T_{fcx} = L_x K_t (K_x + K_y W_b) + L_x K_y W_m \text{ cuando } K_t = 1.0, \text{ entonces,}$$

$$T_{fcx} = L_x [K_x + K_y (W_b + W_m)]$$

$$K_x = .00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}$$

$$= 0.00068 \cdot (15 + 106.6) + \frac{2.8}{3.5}$$

$$= 0.883 \text{ (para el valor de } A_i, \text{ vea la tabulación)}$$

$K_y = 0.025$  cuando la longitud del transportador es de 1 000 pie (vea Tabla 6-2). Con una pendiente de 3.13%,  $W_b + W_m = 121.6$  (use 125 en las tablas); y 3 ½ pie de espaciamento normal.

$$T_{fcx} = 1,000 [0.883 + 0.025(121.6)] = 3,923 \text{ lbs}$$

$$T_{cx} = 1,788 + 3,806 + 3,923 = 9,517 \text{ lbs}$$

Para encontrar la tensión de la faja en el punto X en el tramo de retorno:

$$T_{rx} = \text{tensión en el punto X en el tramo de retorno}$$

$$T_{wrx} = \text{tensión en el punto X en el tramo de retorno que resulta del peso de la faja}$$

$$T_{frx} = \text{tensión en el punto X en el tramo de retorno que resulta de la fricción en el tramo de retorno}$$

$$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{frx}$$

$$T_{wrx} = H_x W_b = (31.3)(15) = 470 \text{ lbs}$$

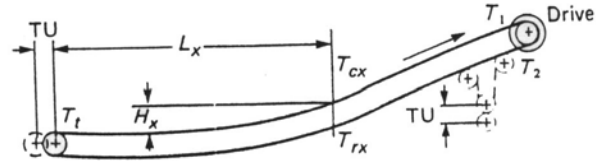
$$T_{fix} = L_x \cdot 0.015 W_b K_t (1,000)(0.015)(15)(1) = 225 \text{ lbs}$$

$$T_{rx} = 1,788 + 470 - 225 = 2,033 \text{ lbs}$$

### Ejemplo 2

La base para este ejemplo es el perfil del transportador mostrado en Figura 6.8B, repetido debajo; por otra parte, los datos son los mismos que para el ejemplo 1, anteriormente desarrollado.

Figura 6.8B



$$L_x = 1,915 \text{ pies}$$

$$H_x = 31.3 \text{ pies}$$

$$T_1 = 1,788 \text{ lbs}$$

La porción horizontal tiene 1,565 pies, la inclinada, 835 pies, con una pendiente de 9%.

Para encontrar la tensión \$T\_{cx}\$ en el tramo de transporte en el punto X:

$$T_{cx} = T_1 + T_{wcx} + T_{fcx}$$

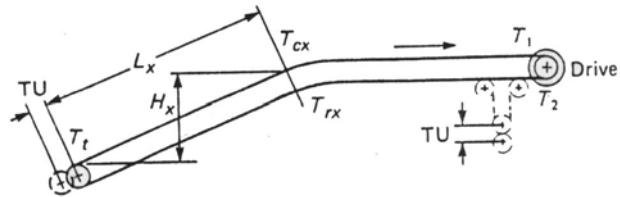
$$T_{wcx} = H_x (W_b + W_m) = (31.3)(121.6) = 3,806 \text{ lbs}$$

$$T_{fcx} = L_x [K_x + K_y (W_b + W_m)] \text{ Desde } K_t = 1.0$$

\$T\_{fcx}\$ se da en dos partes, primero para la porción horizontal y después para la porción inclinada.

Para la porción horizontal de tramo de transporte:

Figura 6.8C



$$K_x = 0.883$$

\$K\_y = 0.0277\$ cuando la longitud transportador es 1 565 pie con una pendiente de 0°; \$W\_b + W\_m = 121.6\$, use 125 en las tablas; 3 ½ pie de espaciamiento normal.

$$T_{fcx, \text{ horizontal}} = 1,565 [(0.883) + (0.0277)(121.6)] = 6,653 \text{ lbs}$$

Para la porción inclinado del tramo de transporte:

$$K_x = 0.883$$

$K_y = 0.0217$  cuando la longitud transportador es 1,915 pie con pendiente promedio de 1.63%;  $W_b + W_m = 121.6$ , use 125 en las tablas; 3 ½ pie de espaciamiento normal.  $T_{fcx}$ , inclinado, = 352 [(0.883) + (0.0217)(121.6)] = 1,240 lbs dónde 352 pie es la distancia a lo largo de la porción inclinada al punto X.

$$T_{fcx} \text{ Total, horizontal más inclinado} = 6,653 + 1,240 = 7,893 \text{ lbs}$$

$$T_{cx} = 1,788 + 3,806 + 7,893 = 13,487 \text{ lbs}$$

Para encontrar la tensión  $T_{rx}$  en la faja de retorno en el punto X:

$$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{fcx}$$

$$T_{wrx} = (H_x)(W_b) = (31.3)(15) = 470 \text{ lbs}$$

$$T_{frx} = L_x (0.015 W_b) K_t = 1,915 (0.015) (15) (1.0) = 431 \text{ lbs}$$

$$T_{rx} = 1,788 + 470 - 431 = 1,827 \text{ lbs}$$

### Ejemplo 3

La base para este ejemplo es el perfil del transportador mostrado en Figura 6.8C de la página 102, repetido aquí. Los datos son los mismos que para los Ejemplos 1 y 2.

$L_x = 350$  pies, con 9% de pendiente,

$H_x = 31.3$  pies

$T_t = 1,788$

Para encontrar  $T_{cx}$  en el punto X en el tramo de transporte:

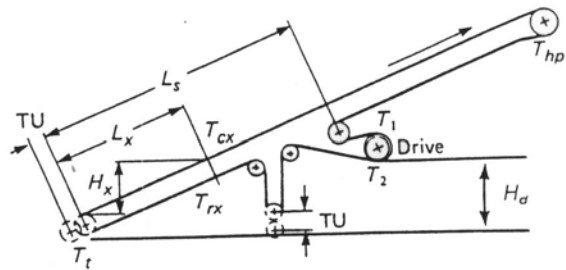
$$T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$$

$$T_{wcx} = H_x (W_b + W_m) = (31.3)(121.6) = 3,806 \text{ lbs}$$

$$T_{fcx} = L_x [K_x + K_y (W_b + W_m)]$$

$K_x = 0.883$

Figura 6.14A



$K_y = 0.0293$  cuando la longitud transportador es 350 pies, con una pendiente de 9%;  $W_b + W_m = 121.6$  (use 125 en las tablas); 3½ pie de espaciamiento normal.

$$T_{fcx} = 350 [0.883 + (0.0293)(121.6)] = 1,556 \text{ lbs}$$

$$T_{cx} = 1,788 + 3,806 + 1,556 = 7,150 \text{ lbs}$$

Para encontrar  $T_{rx}$  en el punto X en el tramo de retorno:

$$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{fix}$$

$$T_{wrx} = H_x W_b = (31.3)(15) = 470 \text{ lbs}$$

$$T_{fix} = L_x (0.015 W_b) K_t = 350(0.015)(15)(1.0) = 79 \text{ lbs}$$

$$T_{rx} = 1,788 + 470 - 79 = 2,179 \text{ lbs}$$

#### **Ejemplo 4**

Este ejemplo ilustra el problema de encontrar las tensiones de la faja cuando el accionamiento está en el tramo de retorno. La tensión calculada en las poleas de cabeza y de cola se obtienen como sigue:

- (1) Calcule  $T_e$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ , y  $T_t$ , igual que para un transportador accionado por una polea terminal, usando la fórmula de la Potencia, y las fórmulas de tensión apropiadas, indicadas con los perfiles transportador, en la Figure 6.14. Las tensiones  $T_e$ ,  $T_1$ , y  $T_2$  se calculan como si fueran poleas motrices sin tener en cuenta su ubicación a lo largo del tramo de retorno.
- (2) Calcule la tensión,  $T_{hp}$ , en la polea de cabeza usando la fórmula apropiada para  $T_{cx}$  como se indica para el perfil del transportador con el accionamiento en el tramo de retorno, Figuran 6.14. Calcule  $T_{wex}$  y  $T_{fcx}$  de las fórmulas por determinar la tensión de la faja en cualquier punto.

Los datos del transportador:

$$W_m = 120 \text{ lbs por pie}$$

$$W_b = 15 \text{ lbs por pie}$$

$$K_t = 1.0$$

$$K_x = 0.35$$

$$K_y = 0.0243$$

$$C_w = 0.35$$

$$S_i = 3.5 \text{ pies, espaciamento,}$$

Faja transportadora de 36 pulg. de ancho, distancia entre centros de 600 pie, el accionamiento se ubica a la mitad del tramo de retorno, elevación de 54 pies, inclinación de 9%.

Calcule la tensión de la polea de cabeza,  $T_{hp}$ , and la tensión de la polea de cola,  $T_t$ .

$$\begin{aligned} T_e &= L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (L K_y \pm H) \\ &= 600 [0.35 + (0.0243)(15) + (0.015)(15)] + 120[(600)(0.0243) + 541] = 8,794 \text{ lbs,} \end{aligned}$$

Para una flecha de 3% de la faja,

$$A = 4.2 S_i (W_b + W_m) = (4.2)(3.5)(135) = 1,985 \text{ lbs}$$



El mínimo valor de  $T_2$  para accionar =  $T_e C_w = (8,794)(0.35) = 3,078$  lbs

El  $T_1$  correspondiente =  $T_2 + (L/2)(0.015 W_b) - (H/2) W_b = 3,078 + (300)(0.015)(15) - (27)(15) = 2,741$  lbs.

Esta tensión de polea de cola total, 2,741 lbs, es mayor que 1,985 lbs.

Por consiguiente:  $T_t = 2,741$  lbs, y  $T_2 = 3,078$  lbs

$$T_1 = T_e + T_2 = 8,794 + 3,078 = 11,872 \text{ lbs}$$

La tensión en cualquier punto en tramo de transporte es:

$$T_{cx} = T_t + T_{w_{cx}} + T_{f_{cx}}$$

Ahora  $L_x = L$

$$K_t = 1.0$$

Entonces, tensión en la polea de cabeza,  $T_{hp} = T_t + T_{w_{cx}} + T_{f_{cx}}$

$$T_{w_{cx}} = H_x (W_b + W_m) = (54)(135) = 7,290 \text{ lbs}$$

$$T_{f_{cx}} = L_x [K_t K_x + K_y W_b] + L_x K_y W_m, \text{ y desde } L = L_x$$

$$= 600 [0.35 + (0.0243)(15)] + (6W)(0.0243)(120)$$

$$= 2,178 \text{ lbs}$$

Por consiguiente,  $T_{hp} = 2,741 + 7,290 + 2,478 = 12,209$  lbs

Ésta es la tensión máxima de la faja. La tensión  $T_1$  en el accionamiento de la polea motriz puede verificarse como sigue:

$$T_1 = T_{hp} - 27 W_b + L/2 (0.015 W_b) = 12,209 - (27)(15) + (300)(0.015)(15) = 11,872 \text{ lbs}$$

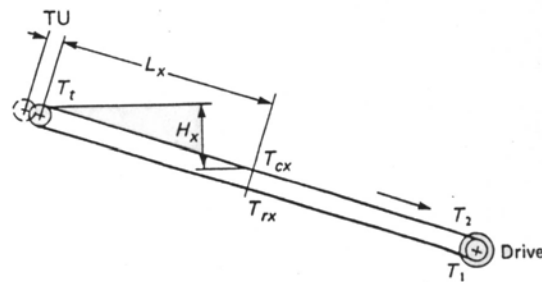
Esto se verifica con 11,872 lbs, calculado para  $T_1$  de la fórmula,  $T_1 = T_e T_2$

### Ejemplo 5

En este ejemplo se calcula la tensión de la faja en cualquier punto en un transportador regenerador descendente. El cálculo es, substancialmente, igual que para un portador no regenerativo sólo que se usa  $2/3 K_y$  en lugar de  $K_y$ , y el factor  $A_i$  se elimina en la fórmula para  $K_x$ . El valor de  $K_y$  es para la longitud  $L_x$ . La Figure 6.10A se repite debajo.

Los tensores en el tramo de retorno no se recomiendan para maniobrar los tensores abarquillados

Figura 6.10A



Los datos del transportador:

Faja transportadora de 36 pulg. de ancho, 1000 pie entre centros, polea motriz de cabeza, desciende 90 pies, inclinación de 9%.

$$W_b = 15 \text{ lbs por pie}$$

$$W_m = 120 \text{ lbs por pie}$$

$$S_i = 3.5 \text{ pie espaciamento}$$

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) = 0.00068(135) = 0.0918$$

$$K_y = (0.0169)(0.666) = 0.01126 \text{ para 1,000 pies, 135 para } (W_b + W_m) \text{ y 9\% de pendiente.}$$

$$K_t = 1.0$$

$$C_w = 0.35$$

$$T_{cx} = T_t - T_{wex} + T_{fcx}$$

$$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$$

$$T_e = L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015W_b) + W_m (L K_y \pm H)$$

$$T_2 = T_e C_w, \text{ o } T_2 = T_o. \text{ Si } T_o \text{ es mayor}$$

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_t = T_1 + 0.015W_b L + W_b H$$

$$T_e = 1,000 [0.0918 + (0.01126)(15) + (0.015)(15)] + (1,000)(0.01126)(120) - (90)(120) = 485.7 + 1,351.2 - 51.2 - 10,800 = - 8,963 \text{ lbs}$$

El signo menos solo significa que la faja acciona la polea (el transportador es regenerador).

$$T_2 = (8,963)(0.35) = 3,137 \text{ lbs}$$

$$T_o \text{ para 3\% de flecha} = (4.2)(3.5)(135) = 1,985 \text{ lbs}$$

Por consiguiente,  $T_2$  puede tomarse a 3,137 lbs

$$T_1 = T_e + T_2 = 8,963 + 3,137 = 12,100 \text{ lbs}$$

$$T_t = 12,100 + (1,000)(0.015)(15) + (90)(15) = 13,675 \text{ lbs}$$

Para calcular  $T_{cx}$  en un punto a 500 pies del eje de cola

$$T_{cx} = T_t - T_{wex} + T_{fcx}$$

$$T_{wex} = H_x (W_b + W_m) = (45)(135) = 6,075 \text{ lbs}$$

$$T_{fcx} = L_x (K_x + K_y W_b) + L_x K_y W_m \text{ cuando } K_t = 1.0 \\ = 500 [0.0918 + (0.0182)(15)] + (500)(0.0182)(120)$$

= 182 + 1,092 = 1,274 lbs cuando  $K_y = 2/3 K_x$  para un transportador de 500 pie con una pendiente de 9%.

Entonces,  $T_{cx} = 13,675 - 6,075 + 1,274 = 8,874$  lbs

Para calcular  $T_{rx}$  en un punto a 500 pies del eje de cola

$$T_{rx} = T_t - T_{wrx} - T_{frx}$$

$$T_{wrx} = H_x W_b = (45)(15) = 675 \text{ lbs}$$

$$T_{frx} = L_x (0.015) W_b = (500)(0.015)(15) = 113 \text{ lbs cuando } K_t = 1.0$$

Entonces  $T_{rx} = 13,675 - 675 - 113 = 12,887$  lbs

Para los perfiles de los transportadores de las Figuras 6.10B y 6.10C, la porción del transportador en pendiente se calcula separadamente, como en el Ejemplo 2, y Problemas 5 y 6,.

### **Fuerzas de Aceleración y Desaceleración**

---

La investigación de las fuerzas de aceleración y de desaceleración es necesaria por las razones siguientes.

#### **Esfuerzo de la faja**

La economía del diseño indica la selección de una faja que tenga un esfuerzo de armazón sobre o cerca al valor de las tensiones de operación normales. Por consiguiente, las fuerzas adicionales, resultado de aceleración o desaceleración, pueden sobreesforzar la faja o sus empalmes, particularmente si se usan empalmes mecánicos. Mientras este problema es el más probable de existir con respecto a la faja, hay también la posibilidad de sobreesforzar los componentes mecánicos como poleas, ejes, rodamientos, tensores, etc.,

#### **Curvas Verticales**

Pueden encontrarse dos problemas diferentes con las curvas verticales.

En el caso de curvas cóncavas (el centro de curvatura cae sobre la faja); si las tensiones de la faja son demasiado altas durante el arranque, la faja se elevará por encima de los rodillos abarquillados. Esto se discute en detalle en el Capítulo 9. Es necesario analizar este problema cuando la carga sea total, parcial, y cuando esté vacía.

En el caso de curvas convexas, el centro de curvatura cae debajo de la faja, hay la posibilidad de cargar excesivamente a ciertos rodillos.

#### **Pérdidas en el Valor de la Tensión**

Durante la aceleración y la desaceleración existe la posibilidad de perder el valor  $T_1/T_2$  requerido, necesario para mantener el control adecuado en el contacto entre faja y polea motriz. Esto es particularmente cierto, si el tensor se localiza lejos del accionamiento.

Si se usa un tensor de tornillo y se ajusta de manera inadecuada, o el espacio para el tensor de gravedad es demasiado limitado, el valor necesario de  $T_1/T_2$  puede reducirse en el intento por acelerar la faja transportadora.

Durante la desaceleración, el efecto de inercia de la carga puede causar una pérdida del valor de  $T_1/T_2$  necesario para transmitir las fuerzas de frenado de la polea a la faja. Esto permitiría el movimiento continuado de la faja y de la carga, después de que la polea se haya detenido.

## **Condiciones de Carga en la Faja**

La faja transportadora puede operar satisfactoriamente durante la parada o el arranque, si está completamente cargado o vacía. Esto, sin embargo, no puede ser así, si sólo determinadas porciones del transportador están cargadas. Por consiguiente, el portador tiene que ser analizado bajo varias condiciones de carga.

Por ejemplo, cuando una faja transportadora tiene una curva cóncava, una condición crítica de arranque puede ser el levantamiento de la faja en la curva durante la aceleración debido a que la porción de la faja delante de la curva vertical cóncava está cargada, mientras el resto de la faja no. Esto no será cierto, si el transportador es regenerador. Tales condiciones requieren un análisis cuidadoso.

## **Navegando cerca de la costa**

Donde hay un sistema de transportadores de faja que realizan transferencias de uno a otro, la secuencia de arranque o de parada, es casi siempre, un requisito previo de diseño. Como ejemplo, una faja con los centros muy distanciados puede transferir a otra con una distancia entre centros corta, en tal caso el tiempo requerido para disminuir la velocidad de las dos fajas debe, obviamente, ser sincronizado a pesar de la diferencia en las fuerzas de frenado requeridas. Durante el período de aceleración, la misma sincronización es necesaria. En cualquier caso, las consecuencias de no hacer un análisis apropiado y proporcionar los controles necesarios, producirán un amontonamiento en el punto de transferencia y la posible destrucción de la maquinaria y de la faja, además de un sistema inoperativo.

## **Movimiento de los Tensores**

Durante los ciclos de aceleración y de desaceleración, donde se usan los tensores de contrapeso, el recorrido del tensor puede ser insuficiente a menos que estas fuerzas sean consideradas. El ingeniero no sólo debe considerar el recorrido, sino, también el valor de la longitud de este recorrido, particularmente donde se involucren mandos hidráulicos, eléctricos, o neumáticos.

## **Efecto del Material Transportado**

En ciertos casos, el valor del arranque y de la parada puede ejercer influencias en el material que den por resultado, condiciones intolerables. Obviamente, ciertos materiales pueden acelerarse o disminuir su velocidad más eficazmente que otros. Por ejemplo, si una faja transportadora descendente manejando mineral de hierro en gránulos se detiene demasiado rápido, el material puede empezar a rodar sobre la superficie de la faja y producir un amontonamiento en el punto de la descarga. Similarmente, en el arranque de una faja ascendente, demasiado rápido pueden causar que el material para rueda hacia atrás.

## **Encorvamiento**

Sin la apropiada consideración de las fuerzas de arranque y parada, es posible que las tensiones de la faja pueden caer en un punto, en alguna parte de la línea, donde la faja se encorvará (alabeado). Por ejemplo, una faja con declive del extremo de cola, y un tramo ascendente en la cabeza, puede que sólo se cargue en el extremo de cola. Si el frenado se aplica a la polea de cabeza, la tensión de la faja puede tener un valor de cero o incluso una parte floja en el tramo de transporte. El resultado obvio es el derrame de la carga, el enredamiento, o la pérdida de alineamiento, etc.,

## **Falla de la Potencia**

En el caso de la falla de la potencia, la tensión de faja resultante de las fuerzas de frenado se dan en una dirección opuesta a la del accionamiento de la faja. Dependiendo del perfil y de las condiciones de carga; el tiempo requerido para que las fuerzas de fricción detengan la faja, puede ser intolerablemente largo o corto. En el caso de un transportador regenerador, puede descargarse completamente. En un sistema de transportadores, es probable un amontonamiento del material en los puntos de transferencia. Por consiguiente, es obvio que la parada controlada, en caso de falla de la potencia, es muy importante.

## Tensiones de Frenado Absorbidas por el Tramo de Retorno y la Polea de Cola

Cuando la desaceleración se efectúa por medio de un freno, la tensión de la faja resultado de la fuerza de frenado se da en una dirección opuesta al accionamiento de la faja.

Por ejemplo, si el accionamiento está en el extremo de cabeza de un transportador horizontal o ascendente, la potencia se transmite de la polea motriz hacia el tramo de transporte de la faja cuando se energiza el motor. Al desacelerar con un freno conectado a la polea motriz y con el motor desenergizado, la fuerza de frenado se puede transmitir de la polea motriz al tramo de retorno de la faja. En consecuencia, la aplicación del freno puede ser significativa en la determinación de la cantidad de contrapeso, diseño del tensor, y la medida del eje.

Estos son algunos de los problemas que resultan cuando se ignora las fuerzas de aceleración y de desaceleración se ignoran o se evalúan inadecuadamente. Como también pueden existir otras dificultades, los factores discutidos anteriormente son suficiente para indicar la importancia de una consideración y análisis apropiados.

### Análisis de las Fuerzas de Aceleración y de Desaceleración

Las fuerzas de aceleración y de desaceleración, que actúan en una faja transportadora durante el periodo de arranque y de parada son las mismas en cualquier caso. Sin embargo, la magnitud y los signos algebraicos que gobiernan estas fuerzas, cambian con los medios para relacionarlas.

#### **Aceleración**

La aceleración de la faja transportadora se realiza por medio de algún tipo de accionador primario, normalmente por un motor eléctrico. Las fuerzas resultantes en un transportador horizontal se determinan por la inercia más la fricción; en un transportador ascendente, por la inercia más la fricción, y la elevación de la carga; en un transportador descendente, por la inercia más la fricción menos el descenso de la carga.

#### **Desaceleración**

La desaceleración de la faja transportadora se realiza por algún tipo de freno. Las fuerzas resultantes en un transportador horizontal se determinan por la inercia menos la fricción; en un transportador ascendente, por la inercia menos la fricción menos la elección de la carga; en un portador descendente, por la inercia menos la fricción más el descenso de la carga.

Si el transportador contiene varias porciones con diferente pendiente (positiva o negativa), puede resultar una combinación de estas condiciones.

### **Cálculo de las Fuerzas de Aceleración y de Desaceleración**

El diseñador de la faja transportadora afronta, entonces, la necesidad de considerar la inercia de todas sus partes móviles, la inercia de la carga en la faja, las fuerzas totales de fricción, y las fuerzas que causan la elevación o el descenso de la carga y faja. Para ser prácticos, las primeras dos cantidades tienen que ser convertidas a una fuerza, en libras, en la línea de la faja.

Ya que la aceleración se define como la segunda derivada del desplazamiento con respecto al tiempo, y la desaceleración es la aceleración negativa, el tiempo es la variable básica en el cálculo de la fuerza. Para calcular el tiempo, se usa la segunda ley de Newton. La secuencia básica es como sigue:

$$F_a = Ma$$

Donde  $F_a$  = fuerza de aceleración o de desaceleración, lbs,

$$M = \text{masa, slugs} = W_e/g$$

$$W_e = \text{peso equivalente de las partes móviles del transportador y la carga, lbs}$$

$g = \text{aceleración de la gravedad} = 32.2 \text{ pie/sec}^2$

$a = \text{aceleración, pie/sec}^2$ .

La fuerza necesaria para lograr la aceleración o desaceleración siempre es directamente proporcional a la masa (o al peso) de las partes y material en movimiento.

Para propósitos de cálculo, puede asumirse que la faja y la carga en ella, se mueven en línea recta. Otras partes importantes del sistema, sin embargo, rotan. Esto es cierto, para todas las poleas (incluyendo las de los tensores y desviadores de faja), todos los rodillos, y todas las partes rotativas del accionamiento.

Parece conveniente usar la ecuación para el movimiento lineal como la base para el cálculo de las fuerzas de aceleración y desaceleración. Esto hace necesario convertir las propiedades físicas de los componentes rotativos del sistema a la forma en que pueden usarse en la relación lineal básica:

$$F = \frac{W_e}{g} a$$

En otras palabras, se debe encontrar el "Peso Equivalente" de las partes rotatorias. Para los cuerpos rotatorios, la masa realmente distribuida alrededor del centro de rotación es equivalente, en su efecto, a la masa completa concentrada a una distancia,  $K$ , (radio de giro polar, en pies) de ese centro.

$WK^2$  es el peso del cuerpo multiplicado por el cuadrado del radio de giro. Si  $WK^2$  es conocido para los componentes rotativos del transportador, el Peso Equivalente de estos componentes, en la línea de faja, puede encontrarse resolviendo la ecuación

$$\text{Peso equivalente en lbs} = WK^2 \frac{2 \pi \text{ rpm}^2}{V}$$

donde  $V = \text{velocidad de la faja, en ppm}$ .

El valor de  $WK^2$  (se expresa en  $\text{lb-pie}^2$ ), el cual es difícil de calcular, excepto para formas muy simples, debe ser obtenido para cada componente del fabricante del transportador, del motor, de los elementos de la transmisión, etc.

Hasta ahora se han considerado las fuerzas en el sistema causadas por la inercia de las partes móviles del transportador, las partes móviles de la transmisión, y la carga móvil. Otras dos fuerzas están incluidas. Estas son: (1) la fuerza resultante de fricción. (2) la fuerza resultante de elevar o bajar la carga de la faja. Estas simplemente representan las componentes del peso del material y de la faja, en la dirección del movimiento de la faja, en varias porciones del transportador.

### **Consideraciones de Diseño**

---

El diseñador de la faja transportadora hace frente a dos problemas: (1) la necesidad de proveer un primer movimiento bastante potente para poner en marcha el transportador, algunas veces bajo condiciones adversas. (2) asegurarse, por las razones perfiladas bajo "fuerzas de aceleración y desaceleración", que la fuerza máxima ejercida en el transportador está dentro de los límites de seguridad.

En los transportadores largos, nivelados, de gran velocidad, un motor bastante grande para un funcionamiento continuo de carga completa puede ser incapaz de arrancar el transportador completamente cargado, particularmente en climas fríos. Por otro lado, un motor capaz de funcionar continuamente lleno de carga en un transportador inclinado puede sobreesforzar la faja durante el arranque, a menos que sean tomadas las medidas preventivas.

Las fuerzas máximas de aceleración permitidas son determinadas por los factores listados en este capítulo. Las fuerzas de aceleración mínimas podrán ser determinadas por el tiempo durante el cual el accionador primario, que usualmente es un motor eléctrico, pueda ejercer su torque de arranque sin dañarse. Esta limitación también es afectada por la frecuencia de arranque del sistema transportador.

En el caso de desaceleración, los máximos son regulados por los mismos factores. Se puede indicar una desaceleración mínima por seguridad o por ser necesaria debido al flujo de material en los puntos del traslado. En todos los cálculos de desaceleración que involucran frenos, la capacidad de disipación de energía del freno será un factor importante a considerar.

### **Suposiciones Necesarias**

Como en todas las investigaciones de ingeniería de este tipo, la primera pregunta es, "¿qué grado de exactitud podrán tener los cálculos llevados a cabo?" La respuesta no es simple. Los factores importantes son el tamaño global, la importancia de la instalación, y el tipo y sensibilidad del equipo adyacente a él.

En todo caso, numerosas suposiciones simplificadoras tendrán que ser hechas para mantener el trabajo de diseño dentro de límites razonables. Para ejemplos de suposiciones simplificadoras, refiérase a los problemas asociados con el esfuerzo de la faja (alargamiento elástico de las fuerzas de aceleración o desaceleración) y reacciones de los tensores.

Durante los ciclos de aceleración y desaceleración, las fuerzas transitorias afectaron al resultado en un esfuerzo extra no encontrado durante el funcionamiento en estado estable. Esto puede ocasionar una falla en el empalme temprana, excesivo recorrido de los tensores, y otras dificultades. Debido a las inmensas diferencias en la construcción de armazones, del punto de vista de los materiales usados y de los métodos de fabricación, ningún valor numérico puede expresar el esfuerzo de la faja como una función de la fuerza aplicada.

La mayoría de fabricantes han listado valores de  $B_m$  (constante elástica) para su línea de fajas. Éstos varían de  $1.3 * 10^6$  lbs por pulgada de ancho de la faja para la de alma de acero a  $2.3 * 10^3$  lbs por pulgada de pliegue del ancho de la faja tejida de algodón. Otros fabricantes de caucho pueden listar diferentes valores, pero ellos también variarían en los mismos rangos.

Por esta razón, así como muchas otras, los cálculos para la aceleración y desaceleración tratan el sistema como un cuerpo rígido. Ésta es una práctica común en la solución de problemas de dinámica. Y mientras los resultados usualmente sean bastante satisfactorios, hay mayor razón para preocuparse por la exactitud de los resultados en el caso de fajas transportadoras.

Además no se intentará justificar la simplificación de suposiciones, porque esto normalmente no es de mucha importancia. Sin embargo, el diseñador de la faja transportadora debe ser consciente que, para los sistemas transportadores de fajas con grandes distancias entre centros, no deben pasarse por alto las consideraciones del estiramiento.

### **Cálculos**

Mientras los cálculos son relativamente simples para un transportador con sólo una pendiente, se vuelven cada vez más complejos para fajas transportadoras que cambian la pendiente varias veces, o que son cargadas y descargadas en puntos diferentes, o que tiene volteadores de faja que operan en ellos.

Todo esto resultado en un gran número de posibles combinaciones de distribución de carga, posición de los volteadores, etc. Aunque teóricamente es suficiente investigar sólo la peor combinación de condiciones, sin el análisis, es normalmente imposible, incluso, para el diseñador experimentado decir qué combinación de factores lo llevarán a este caso extremo.

En los casos más complicados, será necesario dividir el transportador en porciones o secciones-dentro de las cuales ni la pendiente ni las condiciones de carga cambiarán más de lo permitido para la exactitud requerida para el cálculo- y determinar las propiedades físicas para cada porción discutida bajo "Análisis de las fuerzas de aceleración y

desaceleración",. Cualquier miembro de rotación realmente grande del transportador, debido a su misma magnitud, puede tener que ser considerado una porción o una sección por sí misma.

La suma de estos pesos, fuerzas, y esfuerzos con la consideración apropiada de signos algebraicos, indicará que la porción del sistema que impondrá las limitaciones más severas a los valores aceptables de aceleración y desaceleración. Esto, a su vez, permitirá la selección del accionador primario apropiado y los elementos necesarios de control.

### **Determinación de la Potencia del Transportador - Método Gráfico**

---

El método gráfico mostrado en las Figuras 6.17, 6.18, y 6.19 suministra los medios para la estimación de la potencia. Las tensiones de la faja pueden calcularse a partir de la potencia resultante. Este método es conveniente para transportadores de capacidad moderada que tienen rutas relativamente rectas de viaje. Los resultados serán suficientemente exactos para establecer los requerimientos de potencia cuando se usan los pesos reales de faja y de las partes rotatorias por pie de la distancia entre centros del transportador en la Figura 6.17. Sin embargo, para emplearlos en la determinación provisional o aproximada de la potencia, una tabla conveniente de pesos típicos se superpone en la Figura 6.17.

El método gráfico no es conveniente para cálculos finales de potencia para transportadores que tienen porciones en descenso, alta capacidad, o arreglos complejos de terminales, ni para el uso extendido de faldones y desviadores de caucho que aumentan substancialmente el arrastre de fricción en la faja transportadora. Por otro lado, es útil para la estimación provisional de la potencia bajo la mayoría de estas condiciones. Un ejemplo del uso del método gráfico es el siguiente.

### **Determinación de la potencia requerida - Método gráfico**

El ejemplo siguiente ilustra un método para determinar la potencia requerida para una faja transportadora. El ejemplo es el mismo que el Problema 1, calculado por el método analítico.

En esta solución gráfica, solamente se considera la potencia requerida para mover horizontalmente la faja, elevar el material, y transportar el material horizontalmente. Los factores adicionales tales como la fricción de la polea, la fricción de los faldones, la aceleración del material, y las fricciones de los dispositivos auxiliares son incluidos como promedios.



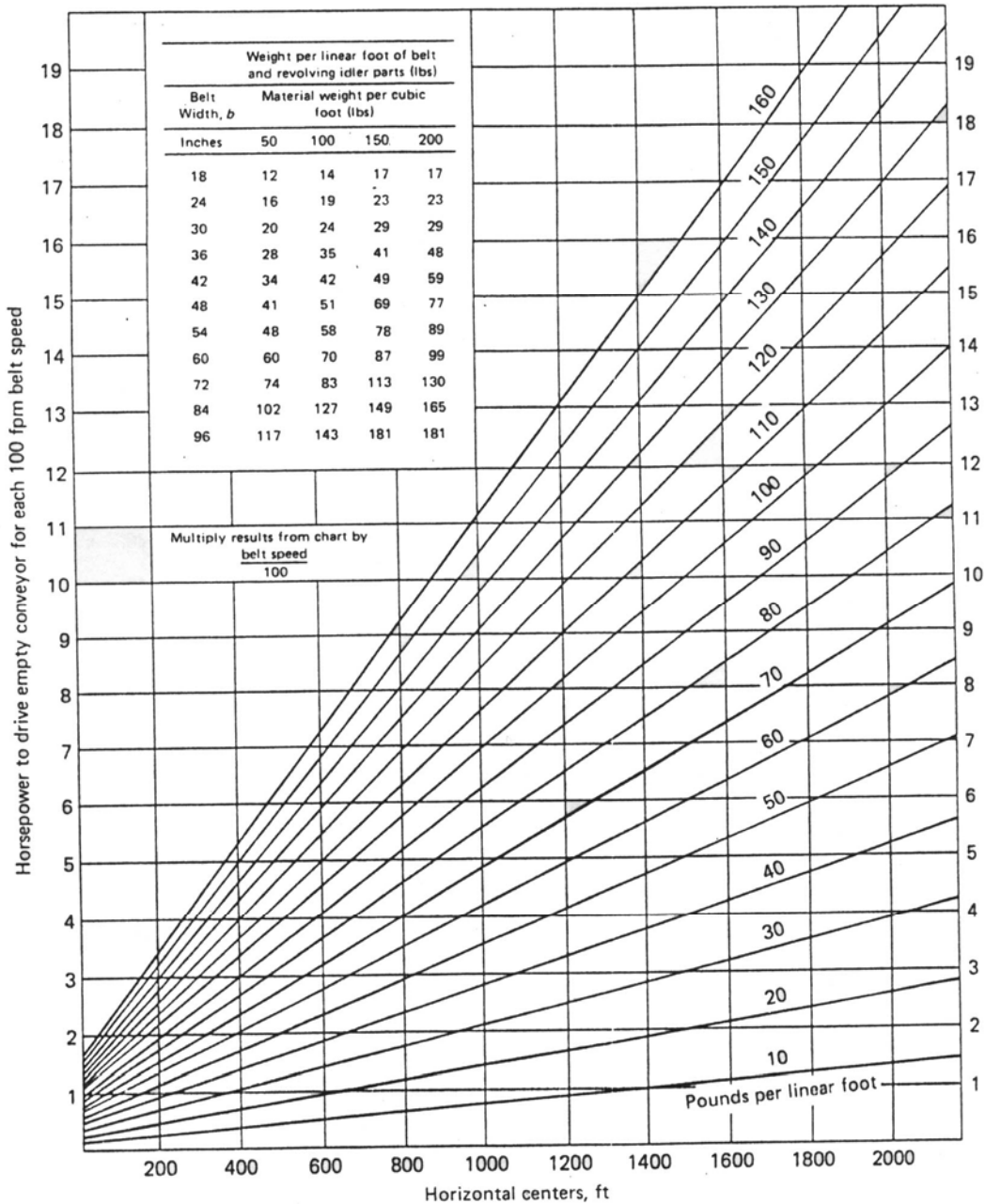


Figura 6.17. Potencia Requerida para Accionar el Transportador Vacío

\* Nota: La Tabla de pesos es representativa de pesos promedios de las partes rotatorias de los rodillos, dadas como en el Capítulo 5, y anchos de faja estimados, listados en la Tabla 6-1. Cuando se conozcan los pesos reales, se deberán usar en la solución gráfica.

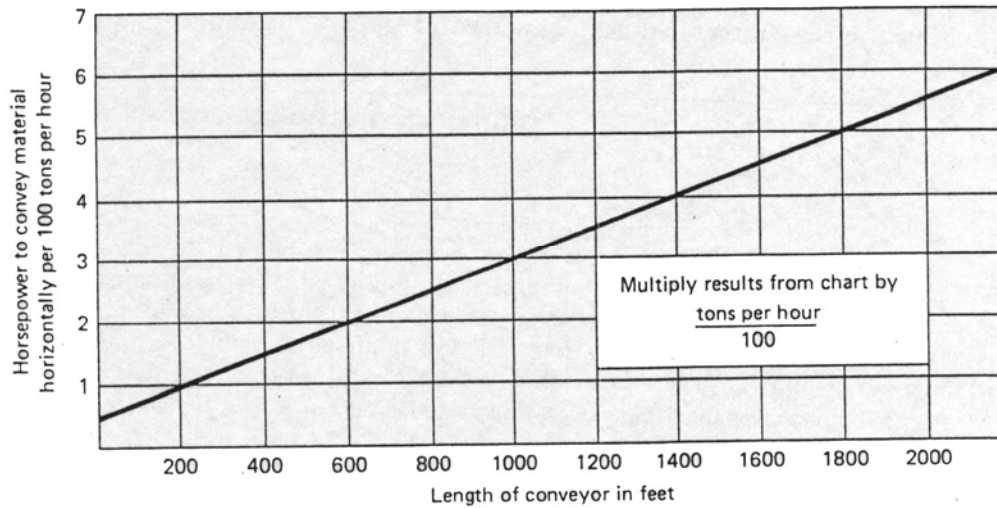


Figura 6.19. Potencia requerida para transportar el material horizontalmente

Usando la Figura 6.18, se puede determinar la potencia requerida para elevar el material. La potencia por pie de altura para una capacidad de 1,600 TPH es 1.62. Por consiguiente, la potencia requerida para elevar el material 75 pies se da como:

$$1.62 * 75 = 121.5 \text{ HP}$$

La potencia necesaria para transportar el material horizontalmente se determina por medio de la Figura 6.19. Usando la especificación del transportador de 2,000 pies del transportador, la potencia requerida para transportar 100 TPH de material es igual a 5.5 HP. Por consiguiente, la potencia requerida para una capacidad de 1,600 TPH es igual a:

$$\frac{5.5 * 1,600}{100} = 88 \text{ HP}$$

La potencia total requerida en la línea de la faja es la suma de las cantidades anteriores, e igual a  $32.5 + 121.5 + 88 = 242 \text{ HP}$ .

Asumiendo una pérdida Standard de 5% de potencia a través de los componentes de la transmisión debido a sus ineficiencias, la potencia del motor requerido es:

$$\frac{242}{0.95} = 254.7 \text{ HP}$$

Una comparación de la potencia obtenida por el método analítico, mostrado en las páginas 129 a 131 y por el método gráfico ilustrado anteriormente muestra que los resultados de los dos métodos son comparativamente muy cercanos. Esto es acorde a que el grado de exactitud en la determinación hecha con la solución gráfica sólo es confiable para propósitos de estimación. El diseño final debe hacerse por el método analítico para mayor exactitud.

### Ejemplos de Cálculo de Tensión y Potencia de la Faja

La aplicación de las fórmulas CEMA de potencia y el análisis de tensiones de la faja y los requerimientos de potencia serán ilustrados en los siguientes seis problemas:

Problema 1 - Transportador Ascendente;

Problema 2 - Transportador Descendente con características Regenerativas;

Problema 3 - Transportador Horizontal;

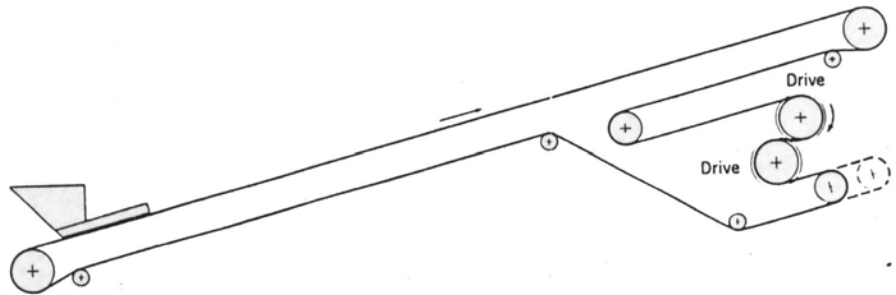
Problema 4 - Transportador con una sección horizontal, una ascendente, y con curvas verticales;

Problema 5, 6 - Comparación de Valores de Tensión y Potencia en 2 Transportadores Similares.

Los problemas 3 y 4 también incluyen cálculo de fuerzas de aceleración y desaceleración.

### **Problema 1. Transportador Ascendente**

Figura 6.20. Transportador ascendente



Problema:

Determine la Tensión Eficaz,  $T_e$ ; la Tensión del Lado Flojo,  $T_2$ ; la Tensión Máxima,  $T_1$ ; la Tensión de Cola  $T_i$ ; los requerimientos de potencia de la faja y del motor; y el tipo y la ubicación del accionamiento. En este problema, sólo se consideran dos accesorios, la fricción de las poleas no accionadoras y fricción del faldón. La velocidad de la faja es demasiado baja como para involucrar alguna fuerza de aceleración del material apreciable. La descarga se realiza libremente por encima de la polea de cabeza y no se usa ningún dispositivo de limpieza.

Especificaciones del Transportador.

$W_b = 15$  lbs por pie, de Tabla 6-1,

$L =$  longitud = 2,000 pies

$V =$  velocidad = 500 ppm

$H =$  altura = 75 pies

$Q =$  capacidad = 1,600 tph

$S_i =$  espaciamento = 3.5 pies

Temperatura ambiente = 60 °F

Ancho de la faja = 48 pulgadas

Material = piedra fosfatada de 80 lb/pie<sup>3</sup>, el trozo máximo es de 15 pulgadas de un molino giratorio.

Accionamiento = polea desnuda de cabeza o polea dual. El arrollamiento es 240° o 380°, dependiendo de que polea se use. Vea Figura 6.6B y 6.7A; también, Ejemplo 2, páginas 111 - 113, y los

comentarios. Rodillos Abarquillados = Clase E6, 6 pulgada de dia., ángulo de 20° Rodillos de Retorno = Clase C6, 6 pulgada de diam., espaciamiento de 10 pie

Análisis.

Usando la Tabla 6-8, el factor de polea de accionamiento  $C_w = 0.30$  o  $0.11$ , dependiendo del uso de polea desnuda de cabeza o polea dual.

$$W_m = \frac{33.3 Q}{V} = \frac{(33.3)(1,600)}{500} = 106.6 \text{ lbs por pie}$$

De la Figura 6.1, para 60 °F,  $K_t = 1.0$

Fórmula:

$$T_e = L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (L K_y + H) + T_{ac}$$

Para encontrar  $K_x$  y  $K_y$  es necesario encontrar

$$W_b + W_m = 15 + 106.6 = 121.6 \text{ lbs por pie}$$

Del espaciamiento dado de  $3\frac{1}{2}$  pie y el valor de  $K_x$  se calcula usando la fórmula:

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}$$

$$K_x = 0.00068 (121.6) + \frac{2.8}{3.5} = 0.0826 + 0.800 = 0.8826$$

$K_y$  para  $L = 2,000$  pies, la pendiente es  $(75/2,000)(100\%) = 3.75\%$ , y  $W_b + W_m = 121.6$  lbs por pie. La Tabla 6-2 da  $K_y = 0.018$ .

La tensión mínima para una flecha de 3%,  $T_o = 4.2 S_i (W_b + W_m)$

$$T_o = (4.2)(3.5)(121.6) = 1,788 \text{ lbs}$$

Determine los Accesorios

En este caso, los únicos accesorios son la fricción de polea no accionadora y del faldón. Asuma que el faldón es de 15 pie de largo y con un espacio de separación de las dos terceras partes del ancho de la faja. Entonces la tracción en la faja para superar la fricción del faldón es  $T = C_s L_b h_s^2$ . Del cálculo de la fricción del faldón,  $h_s = (0.1)(48) = 4.8$  pulg.  $C_s$  es 0.1086, de la Tabla 6-7, para piedra fosfatada de 80 lbs por pie<sup>3</sup>. Así, para resolver la ecuación:

$$T = C_s L_b h_s^2 = (0.1086)(15)(4.8)^2 = 38 \text{ Lb}$$

Para los 30 pies de los bordes de caucho en el faldón, la resistencia adicional es  $(3)(30) = 90$  lbs. La resistencia del faldón total es  $38 + 90 = 128$  lbs.

$$L K_t K_x = (2,000)(1)(0.8826) = 1,765$$

$$L K_t K_y W_b = (2,000)(1)(0.018)(15) = 540$$

$$L K_t 0.015 W_b = (2,000)(1)(0.015)(15) = 450$$

K <sub>y</sub> L W <sub>m</sub> = (0.018)(2,000)(106.6)	= 3,838
H W <sub>m</sub> = (75)(106.6)	= 7,995
La fricción de la polea no accionadora = (2)(200) + (2)(150) + (4)(100)	= 1,100
La resistencia del Faldón T <sub>sb</sub>	= 128
La tensión Efectiva, T <sub>e</sub>	= 15,816 lbs

Determine el tipo de accionamiento.

Analizando la polea motriz de cabeza con arrollamiento de 240°, C<sub>w</sub> = 0.30

$$T_2 = C_w T_e = (0.30)(15,816) = 4,745 \text{ lbs}$$

Analizando la polea motriz dual con 380°, C<sub>w</sub> = 0.11

$$T_2 = C_w T_e = (0.11)(15,816) = 1,740 \text{ lbs}$$

Sin embargo, la tensión mínima es T<sub>o</sub> = 1,788 lbs. Este mínimo debe existir cerca del punto de carga en el lado de transporte de la faja, o a T<sub>i</sub>, para evitar más de 3% de flecha entre los rodillos abarquillados espaciados a intervalos de 3.5 pie.

Si T<sub>i</sub> = 1,788 lbs, el peso de la faja de retorno es HW<sub>b</sub>. = 75 x 15 = 1,125 lbs, y la resistencia de la faja de retorno es 0.015L W<sub>b</sub>, entonces T<sub>2</sub> = 1,788 + 1,125 - 450 = 2,463 lbs.

Usando T<sub>2</sub> = 2,463 lbs, el ahorro en la tensión de la faja con accionamiento dual respecto a la polea simple de cabeza es 4,745 - 2,463 = 2,282 lbs, o 2,282/48 = 48 lbs por pulgada de ancho de faja. Este ahorro en el costo de la faja puede ser suficiente como para compensar el costo de una polea.

T <sub>2</sub> , elegido	= 2,463
La fricción en el tramo de retorno (2,000)(0.015)(15) = + 450	----- 2,913 lbs
Menos el peso de faja de retorno (75)(15)	= - 1,125
Tensión de Cola, T <sub>i</sub>	----- = 1,788 lbs

Tensiones Finales:

T <sub>e</sub> = 15,816 lbs
T <sub>2</sub> = 2,463 lbs
T <sub>1</sub> = T <sub>e</sub> + T <sub>2</sub> = 15,816 + 2,463 = 18,279 lbs
T <sub>i</sub> = 1,788 lbs

Potencia en el Eje del Motor:

$$\text{hp de la faja} = \frac{T_e V}{33,000} = \frac{(15,816)(500)}{33,000} = 239.64$$

$$\text{Pérdida por fricción en la Polea Motriz hp} = \frac{(2)(200)(500)}{33,000} = 6.06$$

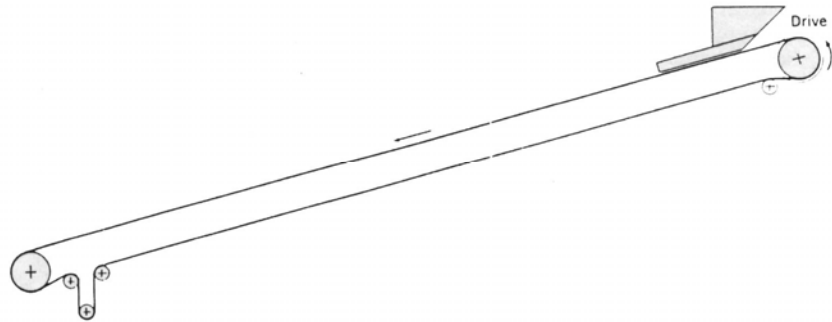
$$\text{Más 5\% por pérdidas del reductor de velocidad} = 0.05 (239.64 + 6.06) = 12.29$$

$$\text{Potencia Total en el Eje del Motor} = 257.99 \text{ hp}$$

$$\text{Tensión de la faja} = \frac{18,279}{48} = 381 \text{ lbs por pulgada de ancho de faja.}$$

### Problema 2. Transportador Descendente

Figura 6.21 Transportador Descendente



Antes de intentar la solución de un portador rechazado, ciertas condiciones peculiares deben ser consideradas.

Un transportador descendente, que entrega material por debajo del nivel al que lo recibe, generará potencia si el cambio neto en la elevación es más del 2½ % de la longitud del transportador. A menores pendientes se puede generar potencia, dependiendo de las condiciones. Un motor eléctrico, que funciona como generador, se usa para retardar al transportador. Para detenerlo se usa un freno.

La medida del motor se determina por máxima potencia, o positivo o negativa, llamado a producir, y normalmente se fija por la potencia generada. El accionamiento normalmente se localiza en el extremo de cola (alimentación) del transportador, involucrando problemas de diseño especiales. Uno de éstos es que el motor debe arrancar el transportador debe accionar a través del tensor de gravedad sin levantar la polea del tensor. Se debe tener cuidado en verificar la potencia y la tensión de la faja para una faja vacía y parcialmente cargada.

El freno debe ser lo bastante grande como para absorber el torque generado y para disminuir la velocidad de la carga. Sin embargo, el torque retardador debe limitarse para que no sobreesfuerze la faja. Frecuentemente, en grandes transportadores, el factor limitante en la selección del freno será su poder de retención interna de la capacidad de absorción y disipación de calor. Tome como referencia "Capacidad de Absorción de Calor en Frenos",.

Cuando un transportador desciende, las fuerzas de fricción incrementan la tensión de la faja en la dirección del movimiento, mientras que las fuerzas de gravedad disminuye la tensión de la faja, por el peso de faja y carga por pie, para cada pie que faja y carga en descenso.

Fricción Reducida. La faja, la carga, y la fricción de los rodillos absorben algo de la potencia que el motor o el freno debería absorber si estas cantidades no existieron. Por consiguiente, es importante no sobrevaluar la fuerza de fricción o sino el tamaño seleccionado del motor o freno podría ser demasiado pequeño. Para evitar sobrevaluar la fuerza de fricción, la tensión efectiva,  $T$ , se calcula como sigue:

$$T_e = L K_t (K_x + C_1 K_y W_b + C_1 0.015 W_b) + C_1 W_m L K_y - H W_m + C_1 T_{ac}$$

en donde el factor  $C_1$  variará de 0.5 a 0.7 y, para condiciones promedio, será 0.66.

Solamente para los transportadores descendientes, determine  $K_x$  por la fórmula  $K_x = 0.00068 (W_b + W_m)$ . El término aditivo  $A_i/S_i$  se omite debido a la fricción permitida para la grasa y sellos, representada por el factor  $A_i$ , no es mayor en el lado seguro. Bajo ciertas condiciones se puede acercarse a cero, por eso una regla segura es hacer  $A_i=0$ , en transportadores descendientes.

Problema:

Determine tensión efectiva,  $T_e$ ; la tensión del lado flojo,  $T_2$ ; la tensión máxima,  $T_1$ ; tensión de cola,  $T_i$ ; los requerimientos de potencia y tensión de faja.

En este problema, sólo dos accesorios son considerados, la fricción de la polea sin accionamiento y la fricción del faldón. La velocidad de la faja es demasiado baja como para involucrar alguna aceleración del material apreciable y no se emplea ningún dispositivo de limpieza.

Especificaciones del Transportador:

$W_b = 10$  lbs por pie, de la Tabla 6-1,

$L =$  longitud = 1,200 pies

$V =$  velocidad = 450 ppm

$H =$  caída = 200 pies

$Q =$  capacidad = 1,000 tph

$S_i =$  espaciado = 4 pies

Temperatura ambiente = 32 °F, mínima,

Ancho de la faja = 36 pulgadas

Material = caliza de 85 lbs por pie<sup>3</sup>, trozos máximos de 4 pulgadas

Accionamiento = polea desnuda de cola acanalada, arrollamiento = 220°

Rodillos Abarquillados = Clase C6, 6 pulgadas de dia., ángulo de 20°,  $A_i = 1.5$

Rodillos de Retorno = Clase C6, 6 pulgadas de dia., espaciado 10 pies

Análisis:

De la Tabla 6-8, factor de arrollamiento,  $C_w = 0.35$

De la Figura 6.1, para 32 °F,  $K_t = 1.0$

$$W_m = \frac{33.3 Q}{V} = \frac{(33.3)(1,000)}{450} = 74 \text{ lbs por pie}$$

Fórmula (sin considerar el factor  $C_1$ ):

$$T_e = L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015W_b) + W_m (L K_y - H) + T_{ac}$$

Para encontrar  $K_x$  y  $K_y$  es necesario encontrar

$$W_b + W_m = 10 + 74 = 84 \text{ lbs por pie}$$

$K_x$  se debe calcular para dos casos. En el primero,  $K_x$  se toma con su valor normal, para que la tensión de fricción total pueda determinarse. En el segundo cálculo,  $K_x$  toma su valor reducido, para que se pueda calcular la tensión de fricción reducida.

$$K_x \text{ normal} = 0.00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}$$

$$K_x = (0.00068)(84) + \frac{15}{4} = 0.05712 + 0.375 = 0.4321$$

$$K_x \text{ reducido} = 0.00068(84) = 0.05712$$

$K_y$  también se debe determinar para dos casos. En el primer caso,  $K_y$  tendrá su valor normal, seleccionado de las Tablas 6-2 y 6-3. Este valor es entonces empleado para el cálculo de la tensión de fricción total. En el segundo caso,  $K_y$  se modifica por el factor de fricción reducida  $C_1$ .

La pendiente es  $(200/1,200)(100\%) = 16.6\%$ . De la Tabla 6-2, puede verse que 4 pies no es un espacio tabulado. Para una pendiente de 16.6% ,  $L = 1,200$  y  $W_b + W_m = 84$ , el valor correcto de  $K_y$  es 0.01743, por interpolación doble. Para la simplificación en los cálculos, use  $K_y = .018$ .

La tensión mínima para 3% de flecha:

$$T_o = 4.2 S_i (W_b + W_m) = (4.2)(4)(84) = 1,411 \text{ lbs}$$

Determine los Accesorios.

Los accesorios son la fricción de polea sin accionamiento y fricción del faldón. Asuma faldón de 10 pie de largo y espacios de separación, las dos terceras partes del ancho de la faja. Entonces la tracción para superar la fricción del faldón es:

$$T = C_s L_b h_s^2$$

$h_s = 10\%$  de ancho de la faja o  $(0.1)(36) = 3.6$  pulgadas. De la Tabla 6-7,  $C_s$ , para caliza es 0.128. Así, para resolver la ecuación:

$$T = (0.128)(10)(3.6)^2 = 17 \text{ lbs.}$$

Para los 20 pies de borde de caucho del faldón, la resistencia adicional es  $(3)(20) = 60$  lbs. La resistencia total del faldón,  $T_{sb} = 17 + 60 = 77$  lbs.



Fricción Total,  $T_e$ :

$$\begin{aligned}
 L K_t K_x &= (1,200)(1)(0.4321) &= 518.5 \\
 L K_t K_y W_b &= (1,200)(1)(0.018)(10) &= 216.0 \\
 L K_t 0.015 W_b &= (1,200)(1)(0.015)(10) &= 180.0 \\
 K_y L W_m &= (0.018)(1,200)(74) &= 1,598.4 \\
 - H W_m &= (200)(74) &= -14,800.0 \\
 \text{Fricción de la Polea libre } (2)(150) + (3)(100) & &= 600.0 \\
 \text{Resistencia del faldón, } T_{sb} & &= 77.0 \\
 \text{Fricción Total, } T_e & &= - 11,610.1 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

Fricción reducida,  $T_e$ :

$$T_e = L K_t (KX + C_1 K_y W_b + C_1 0.015 W_b) + C_1 K_y L W_m - H W_m + C_1 T_{ac}$$

y

$$\begin{aligned}
 L K_t K_x &= (1,200)(1)(0.05712) &= 68.5 \\
 L K_t C_1 K_y W_b &= (1,200)(1)(0.66)(0.018)(10) &= 142.6 \\
 L K_t 0.015 C_1 W_b &= (1,200)(1)(0.015)(0.66)(10) &= 118.8 \\
 C_1 K_y L W_m &= (0.66)(0.018)(1,200)(74) &= 1,054.9 \\
 - H W_m &= - (200)(74) &= -14,800.0 \\
 \text{Fricción de la Polea no accionadora} &= [(2)(150) + (3)(100)] 0.66 &= 396.0 \\
 \text{Resistencia del Faldón} &= (77)(0.66) &= 50.8 \\
 \text{Fricción Reducida, } T_e & &= 12,968.4 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

Fricción Total,  $T_2$ :

$$T_2 = C_w T_e = (0.35)(11,610.1) = 4,064 \text{ lbs}$$

Fricción Reducida,  $T_2$ :

$$T_2 = C_w T_e = (0.35)(12,968.4) = 4,539 \text{ lbs}$$

Fricción Total,  $T_t$ :

$$T_t = T_2 - 0.015 L W_b - H W_b = 4,064 - 180 - 2,000 = 1,884 \text{ lbs}$$

Fricción Reducida,  $T_t$ :

$$T_t = T_2 - 0.015 C_1 L W_b - H W_b = 4,539 - 120 - 2,000 = 2,419 \text{ lbs}$$

Fricción Total,  $T_1$ :

$$T_1 = T_e + T_2 = 11,610 + 4,064 = 15,674 \text{ lbs}$$

Fricción Reducida,  $T_1$ :

$$T_1 = T_e + T_2 = 12,968 + 4,539 = 17,507 \text{ lbs}$$

Tensiones Finales	Fricción Total	Fricción Reducida
$T_e$	11,610	12,968
$T_2$	4,064	4,539
$T_1$	15,674	17,507
$T_t$	1,884	2,419

Potencia en el eje del motor:

La Potencia en el eje del motor se debe basar en el valor más alto de los dos valores de  $T_e$ .

$$\text{HP de la faja} = \frac{T_e V}{33,000} = \frac{(12,968)(450)}{33,000} = 176.84$$

$$\text{HP de fricción de polea motriz} = \frac{(200)(450)}{33,000} = 2.73$$

$$\text{Añada 5\% por las pérdidas del reductor de velocidad} = 8.71$$

$$\text{La Potencia en el eje del motor es} = 165.4 \text{ hp}$$

$$\text{Tensión de faja} = 17,507/36 = 486 \text{ lbs por pulgada de ancho de faja}$$

### Problema 3. Faja Transportadora Horizontal

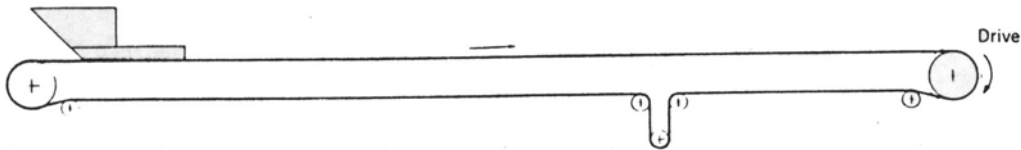


Figura 6.22. Faja transportadora horizontal

Problema

Determine la tensión efectiva  $T_e$ , tensión del lado flojo  $T_2$ , tensión máxima  $T_1$ , tensión de cola  $T_t$ , faja, requerimientos de potencia del motor.

En este problema solamente consideraremos dos accesorios la fricción de la polea sin accionamiento y la fricción del faldón. La fuerza de aceleración del material serán omitidas en este ejemplo. la descarga es hecha libremente fuera de la polea de cabeza. No se emplea ningún dispositivo de limpieza.

Especificaciones del Transportador:

$$W_b = 17 \text{ lbs por pie, de Tabla 6-1,}$$

L = longitud = 2,400 pies

V = velocidad = 500 ppm

H = elevación o caída = 0

Q = capacidad = 3,400 tph

S<sub>i</sub> = espaciamento = 3 pies

Temperatura ambiente = 60 °F

Ancho de la faja = 48 pulgadas

Material = mineral de hierro de 150 lbs por pie<sup>3</sup>, trozos de 10 pulgada como máximo de un molino giratorio.

Accionamiento = polea de cabeza desnuda y acanalada, arrollamiento 220°,

Rodillos Abarquillados = Clase E6, 6 pulgada de diam., ángulo de 20°.

Rodillos de retorno = Tipo Disco de Caucho, Clase C6, 6 pulgada de diam., con 10 pie espaciamento.

Análisis.

De la Tabla 6-8, el factor de Arrollamiento, C<sub>w</sub> = 0.35

$$W_m = \frac{33.3 Q}{V} = \frac{(33.3)(3,400)}{500} = 226.4 \text{ lbs por pie}$$

De la Figura 6.1 para 60 °F, K<sub>t</sub> = 1.0

Fórmula:

$$T_e = L K_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + WM (L K_y + H) + T_{ac}$$

Para encontrar K<sub>x</sub> y K<sub>y</sub> es necesario encontrar

$$W_b + W_m = 17 + 226.4 = 243.4 \text{ lbs por pie}$$

así

K<sub>x</sub> = 1.099, para 3.0 espaciamento A<sub>i</sub> = 2.8 y W<sub>b</sub> + W<sub>m</sub> = 243.4 lbs de la ecuación (3),

K<sub>y</sub> = 0.021, para L = 2,400, 0° de pendiente y W<sub>b</sub> + W<sub>m</sub> = 243.4 lbs

Referir a la Tabla 6-2.

La tensión mínima, T<sub>o</sub>, para 3% de flecha = 4.2 S<sub>i</sub> (W<sub>b</sub> + W<sub>m</sub>) = (4.2)(3)(243.4) = 3,067 lbs.

Determine los Accesorios:

En este caso los únicos accesorios son la fricción de la polea y el faldón más el chute de carga. Asuma el faldón de 10 pie de largo y un espacio de separación, de 2/3 del ancho de la faja. La tracción en la faja para superar la fricción en el faldón es T = C<sub>s</sub> L<sub>b</sub> h<sub>s</sub><sup>2</sup>. Del cálculo de la fricción del faldón, de la página 90, h<sub>s</sub> = (0.1)(48) = 4.8 pulgadas. C<sub>s</sub> es (por seguridad) .276, de la Tabla 6-7, para mineral de hierro de 150 lbs por pie<sup>3</sup>. Por consiguiente, T = (0.276)(10)(4.8)<sup>2</sup> =

64 lbs. Para los 20 pies adicionales de bordes de caucho del faldón, la resistencia adicional es  $(3)(20) = 60$  lbs. La resistencia total del faldón es,  $T_{sb} = 64 + 60 = 124$  lbs.

L $K_t K_x = (2,400)(1)(1.099) =$	2,638
L $K_t K_y W_b = (2,400)(1)(0.021)(17) =$	857
L $K_t 0.015 W_b = (2,400)(1)(0.015)(17) =$	612
$K_y L W_m = (0.021)(2,400)(226.4) =$	11,411
$H W_m = (0)(226.4) =$	0
Fricción en la polea sin accionamiento $= (4)(100) + (2)(150) =$	700
Resistencia del Faldón, $T_{sb} =$	124
Tensión Efectiva, $T_e =$	----- 16,342 lbs
$T_2 = C_w T_e = (0.35)(16,342) =$	+ 5,720
Tensión Máxima, $T_1 = T_e + T_2 =$	----- 22,062 lbs

Tensión en la polea de cola,  $T_t = T_2 + .015 L K_t W_b + \text{fricción de la polea} = 5,720 + 612 + 700 = 7,032$  lbs

Tensiones Finales:

$T_e = 16,342$  lbs

$T_2 = 5,720$  lbs

$T_1 = 22,062$  lbs

$T_t = 7,032$  lbs

La potencia en el Eje del motor:

$$\text{HP de la faja} = \frac{T_e V}{33,000} = \frac{(16,342)(500)}{33,000} = 247.61$$

$$\text{HP de la polea motriz} = \frac{(200)(500)}{33,000} = 3.03$$

Agregue 5% para pérdidas del reductor de velocidad  $= 0.05(247.61 + 3.03) = 12.53$

La potencia en el eje del motor = -----  
263.17 hp

$$\text{Tensión de la faja} = \frac{T_1}{\text{anchura}} = \frac{22,062}{48} = 460 \text{ lbs por pulgada de ancho de faja}$$

Potencia en el eje del motor = 263 (seleccione 300 hp, 1,750 rpm, el motor)

Cálculos de Aceleración:

Los cálculos siguientes se usan para determinar la fuerza y el tiempo de aceleración:

WK<sup>2</sup> del motor (todo los valores se toman a la velocidad del motor y deben obtenerse del fabricante del equipo):

$$\begin{aligned}
 \text{WK}^2 \text{ de motor} &= 101 \text{ lb-pie}^2 \\
 \text{WK}^2 \text{ equivalente del reductor} &= 20 \text{ lb-pie}^2 \quad (\text{la práctica común es tomar } 1/5 \text{ de WK}^2 \text{ del motor}) \\
 \text{WK}^2 \text{ del acoplamiento} &= 4 \text{ lb-pie}^2 \\
 \text{WK}^2 \text{ equivalente de polea motriz} &= 5 \text{ lb-pie}^2 \\
 \text{WK}^2 \text{ total del accionamiento} &= \frac{\text{-----}}{130 \text{ lb-pie}^2, \text{ a la velocidad del motor,}}
 \end{aligned}$$

Convirtiendo este valor de WK<sup>2</sup>, usando la ecuación para el peso equivalente, de la página 128, 62,870 lbs, es:

$$\text{Peso Equivalente del Accionamiento} = (130 \text{ lb.ft.}^2) \left( \frac{1,750 \text{ rpm}}{500 \text{ ppm}} \right)^2 (2\pi)^2 = 62,870 \text{ lb}$$

Para los propósitos del cálculo de pesos equivalentes, se deben estimar primero los diámetros de polea. Se asumen que los diámetros de la polea de cabeza y de cola sean 42 pulgadas; se asume que el resto de poleas es de 30 pulgadas. Los diámetros de la polea requeridos reales son una función de las características de la faja usada y la tensión de la faja en la polea. Los diámetros de la polea supuestos deben verificarse después de que esta información es conocida.

El Peso Equivalente del Transportador es como sigue:

Poleas - De la Tabla 8-1, una de 42" de diam. \* 51" de polea con agujero máx. de 5", peso = 1,275 lbs  
 De la Tabla 8-1, cinco de 30" de diam. \* 51" de poleas con agujero máx. de 4", peso = 5 x 780 lbs = 3,900 lbs,  
 6 (totales) 1,275 + 3,900 = 5,175 lbs

Así, 5,175 lbs es el peso total aproximado para todas las poleas sin accionamiento en este transportador. Para cálculos más exactos, el fabricante de equipo puede proporcionar los pesos reales. Este peso es distribuido entre todos los elementos que constituyen cada polea (el anillo, discos extremo y central, cubos, etc.). La faja debe acelerar y desacelerar estas poleas.

Un método generalmente aceptado por determinar el peso equivalente de poleas de transportador es usar 2/3 del peso total real. Por consiguiente,

$$\begin{aligned}
 2/3 (5,175 \text{ lbs}) &= 3,450 \text{ lbs} \\
 \text{Faja, Tramo de Transporte, de Tabla 6-1, 17 lbs por pie * 2,400 pies} &= 40,800 \text{ lbs} \\
 \text{Faja, Tramo de Retorno, 17 lbs por pie * (2,400 pies + 30 pies)} &= 41,310 \text{ lbs} \\
 \text{Rodillos Abarquillados, de Tabla 5-13, para 48" de ancho de faja} \\
 \text{y Clase E6, el peso es 81.9 lbs así:} \\
 81.9 \text{ lbs} * \frac{2,400 \text{ pies}}{3 \text{ pie espaciamento}} &= 65,520 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

Rodillos de Retorno, de Tabla 5-14, para 48" de ancho de faja y Clase C6, el peso es 48.4 lbs así:

$$48.4 \text{ lbs} * \frac{2,400 \text{ pies}}{10 \text{ pie espaciamento}} = 11,616 \text{ lbs}$$

Peso Equivalente Total del Transportador = 162,696 lbs

Material Cargado(226.4 lbs por pie)(2,400 pie) = 543,360 lbs

Peso Equivalente Total para el Sistema =  
 62,870 lbs + 162,696 lbs + 543,360 lbs = 768,926 lbs

Porcentaje Total Aproximado del Transportador:

$$\frac{706,056}{768,926} * 100\% = 91.8\%$$

Habiendo seleccionado una faja para  $T_1 = 22,062$  lbs, como se explica en el Capítulo 7, con un valor permisible de 90 lbs por pulgada por pliegue, se requieren 6 pliegues y tensión evaluada será 25,920 lbs.

Si la tensión de arranque se limita a 180% de la tensión evaluada (Vea página 102), entonces la tensión extra de la faja permisible para la aceleración es

$$(1.80)(25,920) - (22,062) = 46,656 - 22,062 = 24,594 \text{ lbs}$$

El tiempo para la aceleración se halla por la ecuación:

$$F_a t = M \frac{V_1 - V_o}{60}$$

donde  $F_a$  = tensión extra permisible = 24,594 lbs

$t$  = tiempo, segundos

$V_1$  = velocidad final = 500 ppm

$V_o$  = velocidad inicial = 0 ppm

$$M = \text{masa del sistema transportador} = \frac{706,056}{32.2} = 21,927 \text{ slug.}$$

Resolviendo para  $t$ :

$$t = \frac{M}{F_a} \frac{(V_1 - V_o)}{60} = \frac{21,927}{24,594} \frac{(500 - 0)}{60} = 7.43 \text{ segundos}$$

Esto significa que para no exceder la tensión máxima permisible de la faja de 46,656 lbs, el tiempo usado para la aceleración no debe ser menos de 7.43 segundos.

Asuma que se usa un motor de 3.00 HP, con un torque máximo de 200% del torque de plena carga. Esto corresponde a una fuerza de 39,600 lbs que actúan en la línea de faja, si no se consideran las pérdidas por fricción en el accionamiento

y que la velocidad de la faja es 500 ppm. Esto no es exagerado en comparación a 46,656 lb de tensión de faja permisible a 180% del valor de la faja.

Otro factor limitante puede ser el tiempo que el motor necesita para acelerar el sistema. El torque promedio disponible durante la aceleración del motor escogido, tomado de su curva torque - velocidad es 180% del torque a plena carga. Para una eficiencia del accionamiento del 95%, se encontró en el Problema 3, que la potencia en el eje del motor para operar el transportador cargado es 263.17 hp.

$$\text{Potencia} = \frac{(\text{tracción, lbs})(\text{velocidad de la faja, ppm})}{33,000}$$

Por consiguiente,

$$(\text{tracción, lbs}) = \frac{(\text{Potencia})(33,000)}{(\text{velocidad de la faja, ppm})}$$

Además, la potencia entregado por el motor es prácticamente proporcional al torque, asumiendo que no hay ninguna caída apreciable en la velocidad de la velocidad a plena carga. Por consiguiente, con un torque de 180%, el motor entregará  $(1.8)(300) = 540$  hp.

La fuerza disponible para la aceleración de la masa equivalente total del sistema transportador cargado, para una velocidad de faja de 500 ppm, es:

$$\begin{aligned} F_a &= \left[ \frac{(300)(1.8)(33,000)}{500} - \frac{(263.17)(33,000)}{500} \right] * 0.95 \\ &= 0.95[(300)(1.8) - 263.17] \frac{33,000}{500} \\ &= \frac{(263)(33,000)}{500} = 17,358 \text{ lbs} \end{aligned}$$

La masa equivalente total =  $768,926/32.2 = 23,880$  slug.

De la ecuación,

$$\begin{aligned} F_a &= Ma \\ \text{la aceleración, } a &= \frac{F_a}{M} = \frac{17,358}{23,880} = 0.727 \text{ pies por el seg}^2. \end{aligned}$$

El tiempo necesario es:

$$t = \frac{V_1 - V_0}{60 a}$$

Por consiguiente,

$$t = \frac{500 - 0}{(60)(0.727)} = 11.46 \text{ segundos.}$$

El tiempo requerido por el motor para acelerar el transportador cargado, 11.46 segundos, es mayor que el tiempo de aceleración mínimo para estar dentro de la tensión de la faja permisible máxima, 7.43 segundos. Por consiguiente, el transportador es seguro, en el arranque, totalmente cargado, con el equipo seleccionado.

Se limitó el esfuerzo de la faja en el arranque a 120% del valor normal de la faja- en lugar de 180% - la tensión extra de la faja permisible habría sido  $(1.2)(25,920) - (22,062) = 9,042$  lbs y el tiempo de aceleración,  $t = (21,927)(500 - 0)/(9,042)(60) = 20.21$  seg. como mínimo. Este es mayor que el tiempo calculado para que el motor acelere el sistema cargado, 11.46 segundos. De este modo, si esta limitación se hubiera puesto en la tensión de arranque de la faja, el sistema no tendría la seguridad de arrancar con el equipo seleccionado. De hecho, la tensión de la faja durante la aceleración debe ser:

$$\text{Tensión Extra de la faja} = \frac{(21,927)(500 - 0)}{(11.46)(60)} = 15,752 \text{ lbs}$$

$$\text{Porcentaje del Valor de Faja Normal} = \frac{(15,752) + (22,062)}{25,920}(100\%) = 146\%$$

Lo anterior implica que la masa del lado flojo entre la polea motriz y el tensor es despreciable. Si el tensor se alejado de la polea, debe tenerse en cuenta en los cálculos.

En el Capítulo 13 se indica que el tiempo de aceleración para los motores NEMA Tipo C, en general, igual o menor a 10 segundos. Por consiguiente, sería prudente verificar con el fabricante del motor, para asegurarse que el tiempo de aceleración calculado de 11.46 segundos no ocasione que el motor se sobrecaliente durante el arranque. En este caso en particular, se preguntó al fabricante del motor sobre el tiempo de aceleración máximo seguro para sus Motores de 300 HP NEMA Tipo C. El fabricante declaró que un tiempo de 20 segundos sería permitido.

Por consiguiente, el transportador de este problema podría arrancarse de forma segura con el equipo seleccionado, dado que la tensión de faja permisible durante el arranque era de 146% del valor normal, o mayor. El uso del motor NEMA Tipo C de 300 HP se justifica, dado que las condiciones de operación de este transportador particular son tales que las condiciones de arranque anormal (qué requerirían fuerzas considerablemente mayores) son improbables de ocurrir. Si es probable que las condiciones de arranque anormales ocurran, casi infrecuentes, se deben dar consideraciones para el uso de medios diferentes de arranque que satisfagan todos los requisitos descritos antes en la sección, "Fuerzas de Aceleración y Desaceleración."

Cálculos de Desaceleración:

En el ejemplo precedente en la aceleración, se encontró que la masa total equivalente del sistema transportador bajo condiciones normales de funcionamiento es igual a 23,880 slug (vea la página 139). Como estos cálculos se basan en la velocidad de la faja de 500 ppm o 8.33 pps, la energía cinética del sistema es:

$$\frac{MV^2}{2} = \frac{(23,880)(8.33)^2}{2} = 852,503 \text{ lb pie}$$

Antes en este problema (3), se encontró que para operar este transportador se requería 263.17 HP a la velocidad dada de 500 ppm. Debido a que el transportador es horizontal, esto representa el producto de la fuerza de fricción y la distancia recorrida en la unidad de tiempo. Esto significa que la fuerza de fricción retardadora es:



$$\frac{(263.17)(33,000)}{500} = 17,369 \text{ lbs}$$

La velocidad promedio del transportador durante el periodo de desaceleración sería

$$\frac{500 + 0}{2} = 250 \text{ ppm}$$

Debido a que el trabajo total realizado tiene que ser igual a la energía cinética de la masa total,

$$(t)(17,369)(250 \text{ ppm}) = 828,503 \text{ lb pie}$$

donde, t = tiempo, minutos.

Por consiguiente,

$$t = \frac{828,503}{(250)(17,369)} = 0.191 \text{ minutos, o } 11.45 \text{ segundos}$$

y la faja se habrá movido  $(0.191)(250 \text{ ppm}) = 47.75$  pies en este tiempo. Como la faja está totalmente cargada (supuesto), la faja descargará la cantidad siguiente de material:

$$\frac{3,400 \text{ tph}}{60} \frac{47.75}{500} = 5.41 \text{ toneladas}$$

Si estas 5.41 ton de material descargadas son inaceptables, el uso de un freno tiene que ser considerado. Un paso así, sin embargo, sólo puede justificarse si el tiempo reducido de desaceleración es todavía mayor que, o por lo menos igual, al ciclo de desaceleración de cualquier parte del equipo perteneciente al transportador de este ejemplo.

Además, otra dificultad aparece. Suponga que es deseable o necesario reducir el tiempo de desaceleración de 11.45 segundos a 7. Como la fuerza total retardadora es inversamente proporcional al tiempo de desaceleración, la fuerza de frenado adicional requerida debe ser:

$$17,369 * \frac{11.45 - 7}{7} = 11,042 \text{ lbs}$$

Si el freno se conecta al eje de la polea motriz, se requiere la polea motriz, para transmitir a la faja una fuerza de frenado igual a

$$11,042 * \frac{768,926 - 62,870}{768,926} = 10,139 \text{ lbs,}$$

La diferencia entre 11,042 lbs y 10,139 lbs es la fuerza de freno requerida para desacelerar el accionamiento y la polea que no se transmite a la faja.

Sin embargo, bajo estas condiciones de borde, la tensión de la faja se gobierna principalmente por el tensor de gravedad que, si se localiza adyacente a la polea de cabeza, proporcionaría una tensión máximo igual a  $T_2$ , o 5,720 lbs. Obviamente, es imposible asegurar una fuerza de frenado de 10,139 lbs en la polea de cabeza. Incluso una fuerza mucho menor a esta produciría la liberación de la faja alrededor de la polea de cabeza.

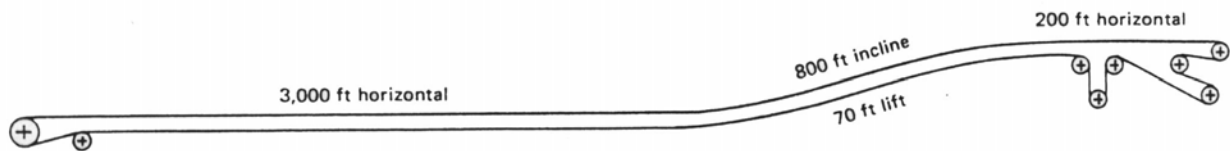
La solución es proporcionar la acción de frenado en la polea de cola, donde la presión de contacto aumentaría en lugar de disminuir entre la faja y la polea. Sin embargo, un chequeo adicional en la polea de cola indica que con una tensión de frenado de 11,042 lbs, una polea plana desnuda de cola con un ángulo de arrollamiento de 180° no podría producir la razón de tensiones suficiente del lado tenso al flojo.

Por consiguiente, sería necesario hacer una o una combinación de lo siguiente: aumentar el peso de la tensión del tensor, recubrir la polea de cola, o colocar una polea de reenvío en la polea de cola para aumentar el ángulo de arrollamiento. Si el peso incrementado del tensor podría resultar en un armazón de faja más pesado y costoso, el segundo y tercer remedios son preferibles y más económicos.

Debe notarse que los cálculos anteriores se basan en pérdidas por fricción máximas y por consiguiente darán una distancia de borde mínima. Como la mayoría de las instalaciones operan bajo condiciones variables, los problemas de frenado y de bordes deben investigarse para un rango de valores de fricción. Estos valores de fricción menores para  $K_x$  y  $K_y$  pueden hallarse por los métodos proporcionados en el Problema 2, y pueden producir una fuerza de fricción retardadora menor que aprovecha el 60% de la original. Esta menor fuerza retardadora dará distancias de borde mayores o grandes fuerzas de frenado.

#### **Problema 4 Línea de Faja Compleja**

En los ejemplos anteriores, la aplicación de la fórmula de la potencia CEMA se limitó para fajas transportadoras con un perfil lineal y una distancia entre centros global que no excede los 3,000 pies. Sin embargo, la fórmula de Potencia CEMA puede aplicarse para fajas transportadoras que tienen más de un cambio de pendiente y una distancia total entre centros mayor a 3,000 pies, con tal de que se sigan ciertos procedimientos. Este problema trata de una faja transportadora que tiene dos cambios de pendiente y una longitud total entre centros de 4,000 pies.



*Figura 6.23. Línea de Faja Compleja*

El factor  $K_y$  depende de la tensión promedio en la porción de faja en que la tensión se está analizando. Las Tablas 6-2 y 6-3 se desarrollaron en base a las limitaciones y generalizaciones declaradas en la página 77, y para las tensiones promedio normales de las fajas dentro de las limitaciones especificadas. Para transportadores de faja que exceden estas limitaciones, es necesario primero asumir un valor provisional para la tensión promedio de la faja. El método gráfico para la determinación de la potencia del transportador, páginas 125 a 128, puede ser de ayuda en la estimación de este valor. Después de estimar la tensión promedio de la faja y el espaciado del rodillo, la referencia a la Tabla 6-4 proporcionará los valores para A y B, para el uso en la ecuación (4). Usando esta ecuación, un valor inicial para  $K_y$  puede calcularse. La comparación de este promedio de la tensión de la faja calculada con el valor provisional determinará la necesidad de seleccionar otra tensión de la faja supuesta. El proceso debe repetirse hasta allí es el acuerdo razonable entre las tensiones promedio de la faja estimadas y calculadas.

El ejemplo siguiente de un análisis de tensión de faja de un transportador de 4000 pie con dos cambios de pendiente muestra el método de cálculo y el uso de la tabla. Vea la Figura 6.23.

Pueden analizarse transportadores de faja con diferentes perfiles de manera similar, pero varios de los problemas, que aumentan en importancia con la longitud y la complejidad del transportador, se deben analizar cuidadosamente. Se recomienda que el diseñador de tales transportadores complejos verifique los cálculos con una compañía miembro CEMA antes de establecer el diseño final del transportador.

Problema:

Determine la tensión efectiva,  $T_e$ ; tensión del lado flojo,  $T_2$ ; tensión máxima,  $T_1$ ; tensión de cola,  $T_c$ ; tensión de curva cóncava al comienzo del tramo en pendiente, tensión de curva convexa en la cima del tramo en pendiente; la potencia de la faja en el extremo de accionamiento; el esfuerzo de la faja; factor de accionamiento resultante.

Los accesorios se omiten en este ejemplo para clarificar el procedimiento; sin embargo, se deben incluir en la práctica real.

Especificaciones del Transportador:

$Q$  = capacidad = 800 tph

Material = caliza triturada, 85 lbs por pie<sup>3</sup>, trozos máximos de 8 pulg.

Temperatura Ambiente, sobre congelación. Funcionamiento continuo.

$L$  = longitud = 4,000 pies

$H$  = elevación = 70 pies (vea Figura 6.23).

$S_i$  = espaciamento de rodillos = 4 pies

$b$  = ancho de faja = 36 pulgadas

$V$  = velocidad = 400 ppm

Accionamiento = arrollamiento dual de 380°, ambas poleas recubiertas.

Rodillos Abarquillados= Clase C6, 6 pulg. de dia, ángula de 20°,  $A_i = 1.5$

Rodillos de Retorno = tipo Disco de caucho, Clase C6, 6 pulg. de diam, espaciamento de 10 pie

$W_b$  = peso de la faja = 10 lbs por pie

Constantes:

$$W_m = \frac{33.3 Q}{V} = \frac{(33.3)(800)}{400} = 66.6 \text{ lbs por pie}$$

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} = 0.00068 (10 + 66.6) + \frac{1.5}{4} = 0.427$$

Análisis.

Como cada porción del transportador se analiza separadamente, y cada una es menor o igual a 3,000 pies de longitud, la Tabla 6-2, se puede usar para obtener un factor  $K_y$  provisional para calcular la tensión promedio de la faja. Este valor de  $K_y$  es entonces verificado usando la Tabla 6-4, ecuación (4), página 77, y la tensión promedio de la faja. Las tensiones finales en cada porción del transportador entonces se determinan con precisión.

El perfil es dividido en tres porciones: (1) la porción horizontal inicial, de 3,000 pie; (2) la porción inclinada, de 800 pie, con una elevación de 70 pie; (3) la porción horizontal final, de 200 pie.

La sección horizontal inicial, con 3% de flecha, y 3000 pie de longitud.

Donde  $K_t = 1.0$

$$K_x = 0.427$$

$$W_b = 10 \text{ lbs por pie}$$

$$W_m = 66.6 \text{ lbs por pie}$$

$$(W_b + W_m) = 76.6 \text{ lbs por pie}$$

$K_y$  de la Tabla 6-2 sería 0.023.

La tensión promedio es:

$$\frac{T_t + K_t [K_x L + K_y L W_b] + K_y L W_m + T_t}{2}$$

Aquí,  $T_t$  es por lo menos igual a  $T_o$ . Y  $T_o$ , para 3% de flecha, es

$$4.2 S_i (W_b + W_m) = (4.2)(4)(76.6) = 1,287 \text{ lbs}$$

Entonces, la tensión promedio es:

$$\frac{1,287 + (0.427)(3,000) + (0.023)(3,000)(76.6) + 1,287}{2}$$

o,

$$\frac{1,287 + 1,281 + 5,285 + 1,287}{2} = \frac{9,140}{2} = 4,570 \text{ lbs}$$

La ecuación (4) indica que  $K_y = 0.0255$ , para 4,570 lbs de tensión promedio, y  $(W_b + W_m) = 76.6$  lbs. Reestimando y usando  $K_y = 0.0255$ . La tensión Promedio es:

$$\frac{1,287 + 1,281 + (0.0255)(3,000)(76.6) + 1,287}{2}$$

o,

$$\frac{1,287 + 1,281 + 5,860 + 1,287}{2} = \frac{9,715}{2} = 4,858 \text{ lbs}$$

La ecuación (4) verifica un valor de  $K_y = 0.0255$ , para una tensión promedio de 4,858 lbs, y  $(W_b + W_m) = 76.6$  lbs.

La fórmula para la tensión real debida a la fricción en la porción horizontal inicial (vea página 101) es:

$$T_{fcx} = L_x [K_t (K_x + K_y W_b)] + L_x K_y W_m$$

donde,  $L_x = 3,000$  pies

$$K_x = 0.427$$

$$K_t = 1.0$$

$$K_y = 0.0255$$

$$W_b = 10 \text{ lbs por pie}$$

$$W_m = 66.6 \text{ lbs por pie}$$

Por consiguiente,  $T_{fcx} = L_x [K_x + K_y (W_b + W_m)]$ , cuando  $K_t = 1.0$

$$\begin{aligned} T_{fcx} &= 3,000b [0.427 + 0.0255 (76.6)] \\ &= 3,000(2.38) \\ &= 7,141 \text{ lbs} \end{aligned}$$

La tensión al principio de la curva cóncava vertical se calcula usando la fórmula para la tensión de faja en cualquier punto de la longitud del transportador, para el punto X en el tramo de transporte (página 101), en la intersección del tramo horizontal inicial y el tramo inclinado:

$$\begin{aligned} T_{cx} &= T_t + T_{w_{cx}} + T_{fcx} \\ T_{w_{cx}} &= H_x (W_b + W_m) = (0)(76.6) = 0 \end{aligned}$$

así

$$T_{cx} = 1,287 + 7,141 = 8,428 \text{ lbs}$$

La tensión en el fondo de la pendiente, por consiguiente, es 8,428 lbs. El  $K_y$  estimado es 0.024, para una primera aproximación del cálculo para el extremo superior de pendiente de la Tabla 6-2 para un valor de  $(W_b + W_m) = 76.6$ , y una pendiente de  $(70/800)(100\%) = 8.8\%$ . la tensión promedio es:

$$\frac{T_t + K_t (K_x L + K_y L W_b) + K_y L W_m + H (W_b + W_m) + T_t}{2}$$

en donde  $T_t$  es la tensión en el fondo de la pendiente, o 8,428 lbs, para que,

$$\frac{8,428 + (0.427)(800) + (0.024)(800)(76.6) + (70)(76.6) + 8,428}{2}$$

o,

$$\frac{8,428 + 342 + 1,471 + 5,362 + 8,428}{2} = \frac{24,031}{2} = 12,016 \text{ lbs}$$

Como se declaró en la página 77, el valor  $K_y$  mínimo = 0.016 para 12,016 lb de tensión y  $W_b + W_m = 76.6$ . Reestimando y usando  $K_y = 0.016$ . la tensión promedio es entonces:

$$\frac{8,428 + 342 + (0.016)(800)(76.6) + 5,362 + 8,428}{2}$$

o,

$$\frac{8,428 + 342 + 980 + 5,362 + 8,428}{2} = \frac{23,540}{2} = 11,770 \text{ lbs}$$

Esto verifica  $K_y = 0.016$  como valor mínimo, para la tensión promedio de 11,770 lbs, y  $W_b + W_m = 76.6$  lbs por pie

De la página 100,  $T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$ . Aquí,  $T_t$  es 8,428 lbs, la tensión al fondo de la pendiente.

$$T_{wcx} = H_x (W_b + W_m) = (70)(76.6) = 5,362 \text{ lbs}$$

$$T_{fcx} = L_x K_t [K_x + K_y (W_b + W_m)] \text{ donde } L_x = 800 \text{ pies y } K_t = 1.0$$

$$= (800)(1.0)[0.427 + 0.016(76.6)]$$

$$= 800(1.653)$$

$$= 1,322 \text{ lbs}$$

$$T_{cx} = 8,428 + 5,362 + 1,322 = 15,112 \text{ lbs,}$$

La tensión en la cima de la pendiente, entonces, es 15,112 lbs.

La porción horizontal final es de 200 pie:

$$K_t = 1.0$$

$$K_x = 0.427$$

$$W_b = 10 \text{ lbs por pie}$$

$$W_m = 66.6 \text{ lbs por pie}$$

$$W_b + W_m = 76.6 \text{ lbs por pie}$$

$K_y$  será el valor mínimo debido a la alta tensión alta que es obvia para esta porción de faja. De la página 77, el  $K_y$  mínimo de 0.016 es aplicable en la tensión promedio indicada (obviamente mayor a 15,112 lbs) y con  $W_b + W_m = 76.6$  lbs por pie.

De la página 101,  $T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$ . Aquí,  $T_t$ , es la tensión al principio de esta sección horizontal, o 15,112 lbs y  $T_{wcx} = 0$ , como  $H_x = 0$

$$T_{fcx} = L_x K_t (K_x + K_y W_b) + L_x K_y W_m \text{ donde } L_x = 200 \text{ pies y } K_t = 1.0$$

$$= (200)(1)(0.427 + (0.016)(10)) + (200)(0.016)(66.6)$$

$$= 117 + 213 = 330 \text{ lbs}$$

$$T_{cx} = 15,112 + 330 = 15,442 \text{ lbs}$$

En este caso,  $T_{cx} = T_1 = 15,442 \text{ lbs}$

La tensión final en la polea de cabeza es 15,442 lbs.  $T_e = T_1 - T_2$ . Para encontrar  $T_2$ , refiérase a la Figura 6.7A, dónde  $T_t = T_2 - T_b + T_{yr}$ . La tensión de cola,  $T_t$ , se tomó a  $T_o = 1,287$  lbs para evitar más del 3% de flecha de la faja entre los rodillos.

Así,

$$1,287 = T_2 - T_b + T_{yr}$$

$$T_b = H W_b (70)(10) = 700 \text{ lbs}$$

$$T_{yr} = 0.015 L W_b K_t = (0.015)(3,000 + 800 + 200)(10)(1) = 600 \text{ lbs}$$

Así,

$$1,287 = T_2 - 700 + 600, \text{ o } T_2 = 1,387 \text{ lbs}$$

$$T_e = T_1 - T_2 = 15,442 - 1,387 = 14,055 \text{ lbs}$$

Con las tensiones  $T_e$  y  $T_2$  ahora conocidas, es necesario verificar el factor de arrollamiento,  $C_w$ . Un arrollamiento de  $380^\circ$ , en la polea motriz dual con las poleas recubiertas, requiere un  $C_w = 0.11$ . (Vea la Tabla 6-8.) De las tensiones conocidas:

$$C_w = \frac{T_2}{T_e} = \frac{1,387}{14,055} = 0.099$$

Como esto es menor que el 0.11, requerido, la faja puede resbalar en las poleas motrices. Esta situación puede corregirse por una de las dos maneras: (1) El arrollamiento en las poleas motrices puede aumentarse de  $380^\circ$  a  $405^\circ$ , o (2) el peso del tensor puede aumentarse hasta que  $T_2/T_e = 0.11$ . Esto requiere un aumento en todas las tensiones de  $(0.11 * 14,055) - 1,387 = 160$  lbs.

Asuma que todas las tensiones se aumentan en 160 lbs:

$$T_1 = 15,442 + 160 = 15,602$$

$$T_2 = 1,387 + 160 = 1,547$$

$$T_t = 1,287 + 160 = 1,447$$

$$\text{La tensión de la faja} = \frac{T_1}{\text{ancho de faja}} = \frac{15,602}{36} = 433 \text{ lbs por pulgada de ancho (PIW)}$$

La potencia en la línea de la faja, excluyendo todos los accesorios, es como sigue:

$$\text{HP de la faja} = \frac{T_e V}{33,000} = \frac{(14,055)(400)}{33,000} = 170.36$$

Si la eficiencia del accionamiento = 0.94, la potencia en el eje del motor =  $170.36/0.94 = 181.23$  HP. Los cálculos de aceleración y de desaceleración para este ejemplo están a continuación. Para los radios de las curvas cóncavas y convexas para este ejemplo, revise el Capítulo 9.

Cálculos de Aceleración.

$$T_e = 14,055 \text{ lbs}$$

$$T_2 = 1,547 \text{ lbs}$$

$$T_1 = 15,602 \text{ lbs}$$

$$T_i = 1,447 \text{ lbs}$$

$$b = \text{ancho de la faja} = 36 \text{ pulgadas}$$

$$L = \text{Longitud} = 4,000 \text{ pies}$$

$$H = \text{elevación} = 70 \text{ ft}$$

$$Q = \text{Capacidad} = 800 \text{ tph}$$

$$V = \text{velocidad} = 400 \text{ ppm}$$

$$\text{Material} = \text{caliza chancada de } 85 \text{ lbs por pie}^3$$

$$W_m = \text{peso del material,} = 66.6 \text{ lbs por pie}$$

$$W_b = \text{peso de la faja,} = 10 \text{ lbs por pie}$$

Rodillos Abarquillados Clase C6, 6 pulgada de dia, ángulo 20°, espaciamento de 4 pie,

Rodillos de Retorno de Disco de caucho, Clase C6, de 6 pulg. de dia, con espaciamento de 10 pie, HP, en el eje del motor = 181.23 HP (seleccione uno de 75 HP y uno de 125 HP cada uno debe ser de 1,750 rpm)

$WK^2$  del accionamiento (todo los valores se toman a la velocidad del motor y se obtienen del fabricante de equipo.

$$WK^2 \text{ del motor} = 58 \text{ lb-pie}^2$$

$$WK^2 \text{ equivalente del reductor} = 11.6 \text{ lb-pie}^2$$

(Es práctica común estimar  $WK^2$  del reductor como el 20% del  $WK^2$  del motor)

$$WK^2 \text{ del acoplamiento} = 2 \text{ lb-pie}^2$$

$$WK^2 \text{ equivalente de la polea motriz} = 2 \text{ lb-pie}^2$$

$$WK^2 \text{ total} = 73.6 \text{ lb-pie}^2, \text{ a la velocidad del motor,}$$

Convirtiendo este valor  $WK^2$  a peso equivalente en la línea de la faja,

$$\text{Peso Equivalente del Accionamiento (lbs)} = (WK^2) \left( \frac{2 \pi \text{ rpm}^2}{V} \right)$$

$$\text{Peso equivalente del accionamiento es } (73.6 \text{ lb-pie}^2) \left( \frac{1,750 \text{ rpm}^2}{400 \text{ ppm}} \right) (2 \pi) = 55,615 \text{ lbs}$$

El peso equivalente del transportador es como sigue:

Poleas - Por razones dadas, primero asuma el diámetro de polea no accionadora:  
2 de 48 pulgadas y 4 de 36 pulgadas.



De la Tabla 8-1, 2 de (48" de dia \* 38") poleas con agujeros máximo de 5", peso = 2 \* 1,270 = 2,540 lbs

De la Tabla 8-1, 4 de (36" de dia \* 38") poleas con agujeros máximo de 4", peso = 4 \* 715 = 2,860 lbs

De la página 137, 2/3 (2,540 lbs + 2,860 lbs) = 3,600 lbs

Faja, tramo de transporte, de la Tabla 6-1, 10 lbs por pie \* 4,000 pies = 40,000 lbs

Sub total = 43,600 lbs

Sub total de la carga superior = 43,600 lbs

Faja, tramo de retorno, 10 lbs por pie \* (4,000 pies + 50 pies)= 40,500 lbs

Rodillos, abarquillados, de la Tabla 5-13, para 36" de ancho de faja y Clase C6, el peso es 43.6 lb

4,000 pie  
43.6 ----- = 43,600 lbs  
Espaciamiento de 4 pie

Rodillos, de retorno, de la Tabla 5-13, para 36" de ancho de faja y Clase C6, el peso es 37.6 lb

4,000 pies  
37.6 ----- = 15,040 lbs  
Espaciamiento de 10 pie

Peso Total del Transportador Equivalente = 142,740 lbs

Carga del Material (66.6 lbs por pie)(4,000 pie) = 266,400 lbs

Peso Equivalente Total del Sistema  
= 55,615 lbs + 142,740 lbs + 266,400 lbs = 464,755 lbs

Porcentaje Total Aproximado del Transportador:

$$(142,740 + 266,400)/464,755 * 100\% = 88\%$$

Habiendo seleccionado una faja para  $T_1 = 15,602$  lbs, como se explicó en el Capítulo 7, para un valor permisible de 70 lbs por pulgada por pliegue, se requieren 7 pliegues y la tensión evaluada es 17,640 lbs.

Si la tensión de arranque se limita al 180% de la tensión evaluada (vea página 97), entonces la tensión extra aceptable es

$$(1.80)(17,640) - (15,602) = 31,752 - 15,602 = 16,150 \text{ lbs}$$

El tiempo para la aceleración se encuentra por la ecuación:

$$F_a t = M \frac{V_1 - V_o}{60}$$

donde,

$F_a$  = tensión extra de aceleración permisible = 16,150 lbs

t = tiempo, segundos

$V_1$  = velocidad final = 400 ppm

$V_o$  = velocidad inicial = 0 ppm

$M$  = masa de sistema transportador =  $\frac{409,140}{32.2} = 12,706$  slug.

Resolviendo para t:

$$t = \frac{M}{F_a} \frac{V_1 - V_o}{60} = \frac{12,076}{16,150} \frac{(400 - 0)}{60} = 5.24 \text{ segundos}$$

Esto significa que para no exceder la tensión de faja permisible máxima de 31,752 lbs, el tiempo usado para la aceleración no debe ser menor a 5.24 segundos.

Al determinar la tensión de arranque de la faja, el primer paso es encontrar la potencia total disponible, en forma de tensión. De este valor, reste la tensión total para accionar el transportador cargado. El resultado será la fuerza disponible para acelerar todo el sistema. La potencia total, en forma de tensión, disponible para acelerar todo el sistema lo da los motores de 75 y 125 HP. El torque de arranque disponible de estos motores NEMA Tipo C es una variable que se debe confirmar por el fabricante del motor. Se asume un valor 200% del valor del motor para este ejemplo.

Entonces, la tensión total disponible es:

$$\frac{2(75 + 125)(33,000)}{400} = 33,000 \text{ lbs}$$

De este valor restamos la tensión requerida para accionar el transportador cargado:

$$33,000 - \frac{14,055}{0.94 \text{ (eficiencia del accionamiento)}} = 18,048 \text{ lbs}$$

La tensión resultante disponible para acelerar el transportador cargado es 18,048 lbs. La aceleración del sistema total consiste en la aceleración del accionamiento (12% del sistema total) y del transportador (88% del sistema total). Sin embargo, en el proceso de aceleración, una parte de la fuerza disponible (tensión) se absorbe por las pérdidas de fricción (calor) en la maquinaria del accionamiento. Como esta es una cantidad pequeña comparada con la total, un acercamiento conservador es ignorar estas pérdidas debido a que nuestro objetivo es determinar el efecto de la aceleración en la faja y su capacidad de resistir las fuerzas de tensión. Por consiguiente,  $0.88 * 18,048 = 15,882$  lbs que es la fuerza de aceleración (expresada en lbs de tensión de la faja). El accionamiento  $T_1$ , se agrega entonces a este valor para obtener la tensión de arranque real en la faja, que es  $15,602 + 15,882 = 31,484$  lbs. Esto no es exagerado cuando se compara con la tensión de faja permisible de 31,752 lb para 180% del valor de la faja.

Otro factor limitante puede ser el tiempo que necesita el motor para acelerar el sistema. El torque promedio disponible durante la aceleración del motor escogido tomado de su curva torque - velocidad es 180% del torque a plena carga. Para una eficacia del accionamiento de 94%, se encontró en el Problema 4, página 146, que la potencia en el eje del motor para accionar el transportador cargado es 181.23 HP.

$$\text{Potencia (HP)} = \frac{(\text{tracción, lbs})(\text{veloc. de faja, ppm})}{33,000}$$

Por consiguiente,

$$(\text{tracción, lbs}) = \frac{(\text{HP})(33,000)}{(\text{velocidad de faja, ppm})}$$

La fuerza disponible para la aceleración de la masa equivalente total del sistema transportador cargado, para una velocidad de faja de 400 ppm, es

$$F_a = \frac{(200)(1.80)(33,000)}{400} - \frac{(181.23)(33,000)}{400} = 0.94$$

$$= \frac{0.94 * 33,000}{400} (200 * 1.80 - 181.23)$$

$$= 13,864 \text{ lbs}$$

Masa equivalente total =  $464,755/32.2 = 14,433$  slug. De la ecuación,

$$F_a = M a$$

$$\text{la aceleración, } a = \frac{F_a}{M} = \frac{13,864}{14,433} = 0.96 \text{ pies por seg}^2$$

El tiempo necesario es:

$$t = \frac{V_1 - V_0}{60 a}$$

Por consiguiente,

$$t = \frac{400 - 0}{(60)(0.96)} = 6.94 \text{ segundos}$$

El tiempo requerido por el motor para acelerar el transportador cargado, 6.94 segundos, mayor que el tiempo de aceleración mínimo para estar dentro del valor de la tensión máxima de faja permisible, 5.24 segundos. Por consiguiente, el transportador arrancará de forma segura, totalmente cargado, con el equipo seleccionado.

Habiendo limitado el esfuerzo de arranque de faja a 140% del valor de faja normal en lugar de 180% - la tensión extra de faja permisible habría sido  $(1.4)(17,640) - (15,602) = 9,094$  lbs y el tiempo de aceleración  $t = (12,706)(400 - 0)/(9,094)(60) = 9.31$  seg. como mínimo. Esto es más que el tiempo calculado para que el motor acelere el sistema cargado, 6.94 segundos. Si tal limitación se hubiera puesto en la tensión de arranque de la faja, el sistema no habría arrancado de forma segura, con el equipo seleccionado. De hecho, la tensión de la faja durante la aceleración debe ser:

$$\text{tensión extra de la faja} = \frac{(12,706)(400 - 0)}{(6.94)(60)} = 12,206 \text{ lbs}$$

$$\text{Porcentaje del valor de faja normal} = \frac{12,206 + 15,602}{(17,640)} (100\%) = 158\%$$

Lo anterior supone que la masa entre el lado flojo de la polea motriz y el tensor es despreciable. Si el tensor está alejado del accionamiento, se debe tener en cuenta en los cálculos.

En el Capítulo 13, "Tiempo de Aceleración", se indica, en general, que el tiempo de aceleración para los motores NEMA Tipo C sea considerados como 10 segundos o menos. Es prudente, siempre, verificar con el fabricante del motor para asegurarse que el tiempo de aceleración calculado no causará que el motor se sobrecaliente durante el arranque.

Cálculos de Desaceleración.

En el ejemplo anterior de cálculos de aceleración, se encontró que la masa equivalente total del sistema transportador bajo las condiciones normales de funcionamiento es igual a 14,433 slugs. Como estos cálculos son basados en la velocidad de la faja de 400 ppm o 6.67 pps, la energía cinética del sistema es:

$$\frac{MV^2}{2} = \frac{14,433 * 6.67^2}{2} = 320,733 \text{ pie - lbs}$$

Hace un momento se calculó que 181.23 hp se requieren en el eje del motor para operar este transportador a su velocidad tasada de 400 ppm. Esto representa el producto de la fricción más la fuerza de gravedad y la distancia recorrida en la unidad de tiempo. Esto significa que la fuerza retardadora de fricción más la de gravedad, es:

$$\frac{(181.23)(33,000)}{400} = 14,951 \text{ lbs}$$

La velocidad promedio del transportador durante el periodo de desaceleración sería:

$$\frac{400 + 0}{2} = 200 \text{ ppm}$$

Debido a que el trabajo total realizado tiene que ser igual a la energía cinética de la masa total:

$$(t)(200 \text{ ppm})(14,951) = 320,733 \text{ lb-pie}$$

donde, t = tiempo en minutos

Por consiguiente,

$$t = \frac{320,733}{(200)(14,951)} = 0.1073 \text{ minutos, o } 6.44 \text{ segundos}$$

y la faja se habrá movido  $(0.1073)(200 \text{ ppm}) = 21.46$  pies en este tiempo. Cuando la faja está totalmente cargada (supuesto), descargará la cantidad siguiente de material:

$$\frac{800 \text{ tph}}{60} \cdot \frac{21.46}{400} = 0.72 \text{ toneladas}$$

Si estas 0.72 toneladas de material descargado son inaceptables, se tiene que considerar el uso de un freno. Un paso así, sin embargo, sólo puede justificarse si el tiempo reducido de desaceleración es todavía es mayor que, o por lo menos igual a, al ciclo de desaceleración de cualquier parte del equipo perteneciente al transportador de este ejemplo.

Además, otra dificultad aparece. Suponga que es deseable o necesario reducir el tiempo de desaceleración de 6.44 segundos a 5. Como la fuerza total retardadora es inversamente proporcional al tiempo de desaceleración, la fuerza frenando adicional requerida debe ser:

$$14,951 * \frac{6.44 - 5}{5} = 4,306 \text{ lbs}$$

Si el freno se conecta al eje de la polea motriz, se requiere la polea motriz, para transmitir a la faja una fuerza de frenado igual a

$$4,306 \text{ lbs} * 0.88 = 3,789 \text{ lbs}$$

La diferencia entre 4,306 lbs y 3,789 lbs es la fuerza de freno requerida para desacelerar el accionamiento y la polea que no se transmite a la faja.

Sin embargo, bajo estas condiciones de borde, la tensión de la faja se gobierna principalmente por el tensor de gravedad que, si se localiza adyacente a la polea de cabeza, proporcionaría una tensión máximo igual a  $T_2$ , o 1,547 lbs. Obviamente, es imposible asegurar una fuerza de frenado de 3,789 lbs en la polea de cabeza. Incluso una fuerza mucho menor a esta produciría la liberación de la faja alrededor de la polea de cabeza.

La solución es proporcionar la acción de frenado en la polea de cola, dónde la presión de contacto aumentaría en lugar de disminuir entre la faja y la polea. Sin embargo, un chequeo adicional en la polea de cola indica que con una tensión de frenado de 3,789 lbs, una polea plana desnuda de cola con un ángulo de arrollamiento de 180° no podría producir la razón de tensiones suficiente del lado tenso al flojo.

Por consiguiente, sería necesario hacer una o una combinación de lo siguiente: aumentar el peso de la tensión del tensor, recubrir la polea de cola, o colocar una polea de reenvío en la polea de cola para aumentar el ángulo de arrollamiento. Si el peso incrementado del tensor podría resultar en un armazón de faja más pesado y costoso, el segundo y tercer remedios son preferibles y más económicos.

Debe notarse que los cálculos anteriores se basan en pérdidas por fricción máximas y por consiguiente darán una distancia de borde mínima. Como la mayoría de las instalaciones operan bajo condiciones variables, los problemas de frenado y de bordes deben investigarse para un rango de valores de fricción. Estos valores de fricción menores para  $K_x$  y  $K_y$  pueden hallarse por los métodos proporcionados en el Problema 2, y pueden producir una fuerza de fricción retardadora menor que aprovecha el 60% de la original. Esta menor fuerza retardadora dará distancias de borde mayores o grandes fuerzas de frenado.

### **Problemas 5 y 6**

#### Comparación de los Valores de Tensión y Potencia en Dos Transportadores Similares

Los dos transportadores de la faja comparados aquí en los Problemas 5 y 6 tienen la misma capacidad de carga, llevan el mismo material a granel, tienen la misma longitud, la misma velocidad de operación, y la misma elevación. La única diferencia es que uno tiene una curva vertical cóncava mientras el otro tiene una convexa.

La fórmula CEMA para la Potencia de accionamiento de los transportadores de la faja determina la tensión efectiva,  $T_e$ . Los ejemplos anteriores muestran cómo obtener  $T_2$ ,  $T_1$ , y  $T_t$ . Frecuentemente, el diseñador del transportador requerirá

las tensiones de la faja en otros puntos; por ejemplo, en la determinación del radio de la curva vertical cóncava. Para una discusión de las tensiones de la faja en cualquier punto, vea "Tensión de la Faja en cualquier punto, X, en la longitud del transportador". Las fórmulas para las tensiones de la faja en transportadores de la faja que tienen curvas verticales cóncavas y convexas se dan en las Figuras 6.8 a 6.16, inclusive.

La comparación de los dos transportadores de faja en los Problemas 5 y 6 muestra como el factor  $K_y$  cambia con el incremento de la tensión de faja.

En el Problema 5, Figura 6.24, el factor  $K_y$  para la mitad de cola,  $L_1$ , del transportador se selecciona para uno horizontal de 300 pie. El  $K_y$  para la mitad inclinada,  $L_2$ , se selecciona para una longitud del transportador total de 600 pies con una pendiente media de elevación/longitud total =  $36/600 = 6\%$ , debido a que la tensión de la faja es mayor que si sería para un transportador inclinado de 300 pie, debido a la tracción de la faja al final de la porción horizontal.

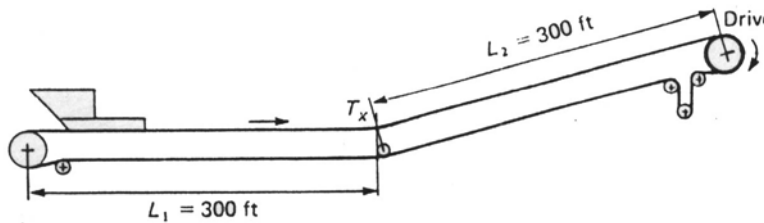


Figura 6.24. Faja Transportadora con Curva Vertical Cóncava

En el Problema 6, Figura 6.25, el factor  $K_y$  para la mitad de cola,  $L_1$ , del transportador se selecciona para uno inclinado de 300 pie con una pendiente de (elevación/300) =  $36/300 = 12\%$ . El  $K_y$  para la mitad accionadora,  $L_2$ , del transportador es menor que si fuera uno horizontal de 300 pie, debido a la alta tensión de la faja que existe en la cima de la porción inclinada. El criterio para determinar el valor de  $K_y$  a usar para la mitad accionadora horizontal,  $L_2$ , de este transportador es el valor  $K_y$  para un transportador inclinado de 600 pie con una pendiente de  $6\%$ . El valor de  $K_y$  para la porción horizontal no puede mayor, y probablemente es un poco menos que, este valor de  $K_y$ .

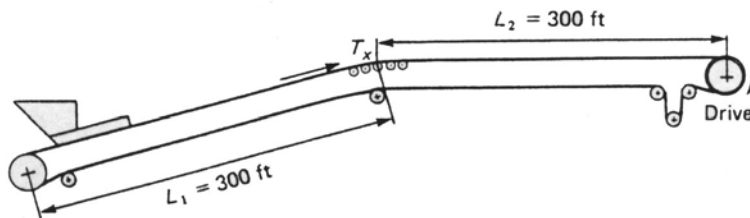


Figura 6.25. Faja Transportadora con Curva Vertical Convexa

La diferencia en las tensiones efectivas calculadas en los Problemas 5 y 6 son pequeñas. Pero transportadores más grandes y largos traerían consigo diferencias más significativas.

$$W_b = 10 \text{ lbs por pie, Tabla 6-1,}$$

$$H = 36 \text{ pie}$$

$$L = 600 \text{ pie}$$

$$L_1 = 300 \text{ pie}$$

$$L_2 = 300 \text{ pie}$$

$$V = 500 \text{ ppm}$$

$$Q = 1,000 \text{ TPH}$$

$$S_i = 4.5 \text{ pies}$$

$$\text{Temperatura ambiente} = 60 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Ancho de la faja} = 36 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Material} = 100 \text{ lbs por pie}^3$$

$$\text{Accionamiento} = \text{polea recubierta de cabeza, arrollamiento} = 220^\circ$$

$$\text{Rodillos Abarquillados} = \text{Clase E6, 6 pulgada de dia, ángulo de } 20^\circ, A_i = 2.8$$

$$\text{Rodillos de Retorno} = \text{Clase C6, 6 pulgada de dia, espaciamento de } 10 \text{ pie,}$$

Para simplificar los cálculos, todos los accesorios se omiten.

*Análisis (Problema 5, Figura 6.24):*

De la Tabla 6-8, factor de arrollamiento,  $C_w = 0.35$ . De la Figura 6.1, para  $60 \text{ }^\circ\text{F}$ ,  $K_t = 1.0$

$$W_m = \frac{33.3 Q}{V} = \frac{(33.3)(1,000)}{500} = 66.6 \text{ lbs por pie}$$

$$W_b + W_m = 10 + 66.6 = 76.6 \text{ lbs por pie}$$

$$T_o, \text{ tensión mínima para 3\% de flecha} = 4.2 S_i (W_b + W_m) = (4.2)(4.5)(76.6) = 1,448 \text{ lbs}$$

se toma  $T_t = 1,448 \text{ lbs}$ .

$$\begin{aligned} T_2 &= T_t - 0.015 L W_b + H W_b = 1,448 - (0.015)(600)(10) + (36)(10) \\ &= 1,448 - 90 + 360 = 1,718 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$K_x = (0.00068)(W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} = (0.00068)(76.6) + \frac{2.8}{4.5} = 0.6743$$

La tensión efectiva de la faja,  $T_e$ , es individualmente mostrada para cada mitad del transportador.

Porción horizontal, 300 pie de largo,  $K_y$  de Tabla 6-2, para pendiente  $0^\circ$ , 300 pies y  $(W_b + W_m) = 76.6$ , es 0.0347. Corregido para el espaciamento de 4.5 pie, la Tabla 6-3, da  $K_y = 0.0349$ .

De "Tensión de la Faja en cualquier punto, X, en la longitud del transportador," la tensión es:

$$T_{cx} = T_t + T_{wex} + T_{fcx}$$

pero,  $T_{wex} = H_x (W_b + W_m) = 0$ , para una faja horizontal,

$$\text{y } T_{fcx} = L_x [K_t (K_x + K_y W_b)] + L_x K_y W_m$$

y  $K_t = 1.0$  para  $60 \text{ }^\circ\text{F}$

Por consiguiente,

$$T_{fcx} = L_x K_x + L_x K_y W_b + L_x K_y W_m = L_x K_x + L_x K_y (W_b + W_m)$$

Así,

$$T_{cx} = T_t + 0 + L_x K_x + L_x K_y (W_b + W_m)$$

Llamando  $L_x$  igual que  $L_1$  para la primera (horizontal) mitad del transportador:

$$T_{cx} = T_t + L_1 K_x + L_1 K_y (W_b + W_m) = 1,448 + (300)(0.6743) + (300)(0.0349)(76.6) = 1,448 + 202 + 802 = 2,452 \text{ lbs}$$

Porción inclinada, mitad accionadora  $L_2$ .

$$K_x = 0.6743$$

$K_y$  es 0.028, para una pendiente de  $(36/600)(100\%) = 6\%$ , y  $W_b + W_m = 76.6$ , y una longitud de 600 pies, de la Tabla 6-2 para el espaciamiento tabulado. El valor corregido es 0.0298, de la Tabla 6-3, para un espaciamiento de  $4\frac{1}{2}$  pie.

$T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$ . Sin embargo,  $T_t$  es la tensión que existe al final de la pendiente, entonces:

$$T_{cx} = 2,452 + T_{wcx} + T_{fcx} = 2,452 + H_x (W_b + W_m) + L_x K_x + L_x K_y (W_b + W_m)$$

$L_2$  sustituyendo para  $L_x$ , y 36 para  $H_x$

$$\begin{aligned} T_{cx} &= 2,452 + 36 (W_b + W_m) + L_2 K_x + L_2 K_y (W_b + W_m) \\ &= 2,452 + (36)(76.6) + (300) (.6743) + (300) (.0298)(76.6) \\ &= 2,452 + 2,757.6 + 202.3 + 684.8 = 6,097 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Agregando a  $T_{cx}$  la fricción de polea no accionadora,  $(2)(150) + (4)(100) = 700$  lbs, la tensión de faja en la polea de cabeza  $= T_{cx} + 700 = T_1 = 6,097 + 700 = 6,797$  lbs

$$T_e = T_1 - T_2 = 6,797 - 1,718 = 5,079 \text{ lbs}$$

$$\text{Potencia de la Faja} = \frac{T_e V}{33,000} = \frac{(5,079)(500)}{33,000} = 77 \text{ hp}$$

Análisis (Problema 6, Figure 6.25):

$T_o$  ha sido calculado en el Problema 5 como 1,448 lbs

Tomando  $T_t = T_o = 1,448$  lbs

$$T_t = T_2 + L (0.015 W_b) - H W_b,$$

$$T_2 = T_t - L (0.015 W_b) + H W_b = 1,448 - (600)(0.015)(10) + (36)(10) = 1,448 - 90 + 360 = 1,718 \text{ lbs}$$

Porción inclinada, 300 pie largo.

La pendiente es  $(36/300)(100\%) = 12\%$ . Para esta pendiente - una longitud de 300 pies, y  $W_b + W_m = 76.6$  - el valor de  $K_y$ , de la Tabla 6-2, es 0.0293. Corregido para espaciamiento de  $4\frac{1}{2}$  pies, de la Tabla 6-3,  $K_y = 0.0312$ .  $K_x$  ya ha sido calculado en el Problema 5 como 0.6743.



De "Tensión de la Faja en cualquier punto, X, en la longitud del transportador," la tensión en el punto X en el tramo de transporte es:

$$T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$$

Como  $K_t = 1.0$  para  $60^\circ\text{F}$ , la ecuación puede escribirse:

$$T_{cx} = T_t + H_x (W_b + W_m) + L_x K_x + L_x K_y (W_b + W_m)$$

Así, para la mitad de cola inclinada ( $L_1 = L_x$ ) del transportador,

$$\begin{aligned} T_{cx} &= 1,448 + (36)(76.6) + (300)(0.6743) + (300)(0.0312)(76.6) \\ &= 1,448 + 2,757.6 + 202.3 + 716.9 = 5,125 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$T_{cx} = 5,125$  lbs. Ésta, entonces, es la tensión de faja en la cima de la pendiente y al principio de la porción horizontal.

Porción horizontal = 300 pie de largo.

$$K_x = 0.6743$$

$K_y$  depende de la tensión promedio de faja que, como se ve del cálculo precedente, será muy alto. Usando el criterio para  $K_y$ , el valor de  $K_y$  es 0.028, calculado de un transportador inclinado de 600 pie de largo, con una pendiente promedio de 6%, de la Tabla 6-2. Corregido para un espaciamiento de  $4\frac{1}{2}$  pie, la Tabla 6-3, da  $K_y = 0.0298$ .

De "Tensión de la Faja en cualquier punto, X, en la longitud del transportador," la tensión en el punto X en el tramo de transporte (en la polea de cabeza, para este caso) es

$$T_{cx} + T_t + T_{wcx} + T_{fcx}$$

Sin embargo,  $T_t$  es la tensión en el comienzo del tramo horizontal = 5,125 lbs.  $T_{wcx} = H_x (W_b + W_m)$ . Como  $H_x = 0$ , entonces  $T_{wcx} = 0$ . También,  $L_x = L_2 = 300$  pies.

$$\begin{aligned} T_{cx} &= 5,125 + T_{fcx} = 5,125 + L_2 K_x + L_2 K_y (W_b + W_m) \\ &= 5,125 + (300)(0.6743) + (300)(0.0298)(76.6) \\ &= 5,125 + 202 + 685 \\ &= 6,012 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Agregue a  $T_{cx}$  la fricción de la polea no conductora  $(2)(150) + (4)(100) = 700$  lbs

$$T_{cx} + 700 = T_1 = 6,012 + 700 = 6,712 \text{ lbs}$$

$$T_e = T_1 - T_2 = 6,712 - 1,718 = 4,994 \text{ lbs}$$

$$\text{Potencia de la Faja} = \frac{T_e V}{33,000} = \frac{(4,994)(500)}{33,000} = 75.7 \text{ HP}$$

La comparación de estos dos transportadores, cada uno con la misma longitud, elevación, tamaño, velocidad, capacidad, y llevando el mismo material, muestra que el transportador con la curva cóncava tendrá una tensión de faja más alta en la polea de cabeza, requerirá una tensión efectiva más alta, y requerirá más potencia que el transportador con la curva convexa.

## **Equipo de Accionamiento de la Faja Transportadora**

---

El diseño de prácticamente todas las instalaciones de faja transportadora involucra un conocimiento comprensivo de la aplicación apropiada de equipo de accionamiento del transportador, incluyendo los mecanismos de reducción de velocidad, motores y mandos eléctricos, y dispositivos de seguridad.

### **Ubicación del Accionamiento de la Faja Transportadora**

El mejor lugar para el accionamiento de una faja transportadora es la posición que produce la tensión de faja máxima, más baja. Para los transportadores horizontales o inclinados, está normalmente en el extremo de la descarga, mientras para los portadores descendentes el accionamiento está normalmente en el extremo de carga. Para condiciones y requerimientos especiales, puede ser aconsejable colocar el accionamiento en otra parte. Vea "Arreglos de Accionamientos" y "Análisis de las Tensiones de la Faja."

Los requerimientos de economía, accesibilidad, o de mantenimiento pueden hacer preferible la localización del accionamiento, internamente en el transportador. Frecuentemente, para grandes transportadores, se puede realizar un ahorro en las estructuras de apoyo, haciendo así. Por esta razón, los transportadores inclinados de aguión, a veces, se accionan por el extremo de la carga.

### **Arreglo de Accionamiento de la Faja Transportadora**

El equipo de accionamiento de la faja transportadora normalmente consiste en un motor, equipo del reductor de velocidad, y eje de accionamiento, junto con la maquinaria necesaria para transmitir la potencia de una unidad a la siguiente. El accionamiento más simple, usando el número mínimo de unidades, normalmente es el mejor. Sin embargo, razones económicas pueden determinar la inclusión de unidades de propósito especial en el accionamiento. Estas unidades de propósito especial pueden ser requeridas para modificar las características del arranque o la parada, para proporcionar los dispositivos anti - retorno, o quizás para variar la velocidad de la faja.

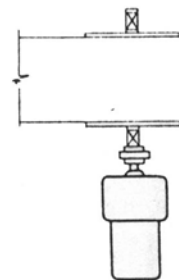
### **Mecanismos Reductores de Velocidad**

Las ilustraciones en las Figuras 6.26 a 6.33 muestran la mayoría de los ensambles de equipos de accionamiento para fajas transportadoras actualmente de uso común.

Los comentarios siguientes aplican a estas figuras:

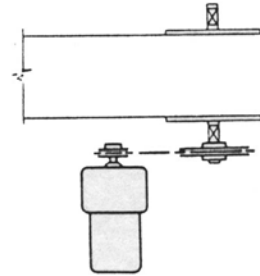
- Figura 6.26 - Motorreductor directamente conectado por acoplamiento flexible para accionar el eje - es un accionamiento simple, fiable y económico.

*Figura 6.26.*



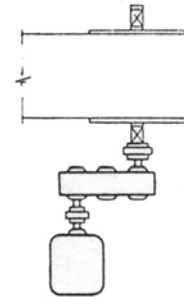
- Figura 6.27 - Motorreductor combinado con cadena para accionar el eje - es uno de los arreglos flexibles de menor costos y es substancialmente fiable. Proporciona una reducción adicional.

Figura 6.27.



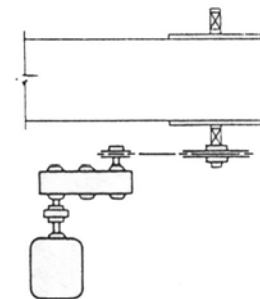
- Figura 6.28. Reductor de Velocidad de Eje Paralelo directamente acoplado al motor y al eje - es versátil, fiable, y generalmente más pesado en la construcción y de fácil mantenimiento. Para grandes transportadores.

Figura 6.28.



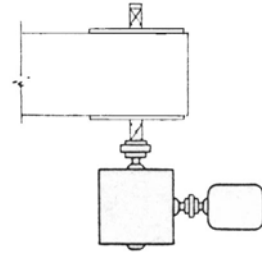
- Figura 6.29 - Reductor de Velocidad de Eje Paralelo con cadena para accionar el eje - proporciona flexibilidad en la ubicación y también es conveniente para los requerimientos de grandes potencias. Para requerimientos de baja velocidad y alto torque.

Figura 6.29



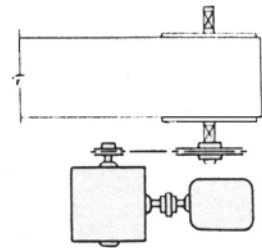
- Figura 6.30 - Reductor de Velocidad Helicoidal Cónico o Reductor de Tornillo Sin Fin directamente acoplado al motor y para accionar el eje - es a menudo deseable por razones de espacio y simplicidad de los apoyos. El reductor de velocidad de Helicoidal Cónico cuesta substancialmente más que el de Tornillo Sin Fin, pero es considerablemente más eficaz.

Figura 6.30.



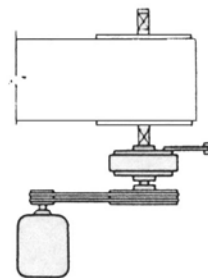
- Figura 6.31 - Reductor de Velocidad Helicoidal Cónico o Reductor de Tornillo acoplado al motor y cadena para accionar el eje - es una selección deseable para altos valores de reducción en requerimientos bajos de potencia. Este accionamiento es ligeramente menos eficaz, pero tiene costos iniciales menores y es el más flexible en referencia a la ubicación.

Figura 6.31.



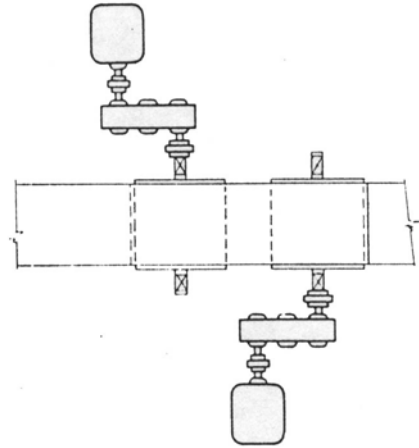
- Figura 6.32 - Reductor de Velocidad montado en el eje con reducción de faja en V del motor - proporciona un costo inicial bajo, flexibilidad de ubicación, y la posibilidad de alguna variación de la velocidad y ahorro de espacio, dónde no se requieren grandes relaciones de reducción y donde los requerimientos de potencia no son demasiado grandes.

Figura 6.32.



- Figura 6.33 - Accionamiento de Polea Dual - se usa donde los requerimientos de potencia son muy grandes, y cuando el uso de equipos de accionamiento pesado pueden ser económicos por medio de la reducción de las tensiones de la faja.

Figura 6.33.



La selección del tipo de mecanismo Reductor de Velocidad puede determinarse por ventajas, costo, limitaciones de potencia, limitaciones del mecanismo reductor de velocidad, limitaciones de espacio disponible, o conveniencia de ubicación del accionamiento. El uso de reductores de velocidad en los accionamiento para transportadores de faja es casi universal hoy en día. Sin embargo, las consideraciones de espacio y costo inicial bajo a veces pueden determinar el uso de accionamientos con eje de transmisión intermedia con engranajes protegidos o reducciones de cadena.

Todos los accionamientos pueden ensamblarse en cualquier arreglo izquierda o derecho.

### Eficiencia del Accionamiento

Para determinar la potencia mínimo en el motor, es necesario dividir la potencia en el eje de accionamiento por la eficiencia global de la maquinaria de reducción de velocidad.

Para determinar la eficacia global, se multiplican las eficiencias de cada unidad del tren de accionamiento. El producto final es la eficacia global. Se listan las eficacias de varios mecanismos de la velocidad - reducción en la Tabla 6-11. Estas eficiencias representan valores conservadoras para los diferentes tipos de equipos de accionamiento, aplicados al uso en fajas transportadoras. Ellos no representan, necesariamente, las eficiencias específicas de las unidades de accionamiento por sí solos. Más bien, ellos toman en cuenta las posibles condiciones adversas imprevistas de campo que involucran el desalineamiento, mantenimiento incierto, y los efectos del cambio de temperatura. Como hay algunas variaciones en la eficiencia entre los productos de diferentes fabricantes, los datos de la Tabla 6-11 generalmente cubren las eficiencias de los distintos mecanismos reductores de velocidad.

Como un ejemplo de aplicación de la eficiencia global del accionamiento - el resultado de combinar las eficiencias de las unidades del equipo - considere un accionamiento de faja transportadora que consiste en un reductor de velocidad bihelicoidal y una cadena del rodillos sin cubierta sobre sprockets tallados. La eficiencia global aproximada, según la Tabla 6-11, es  $(0.94)(0.93) = 0.874$ . Si la potencia mínima calculada en el eje de accionamiento es 13.92 HP, entonces la potencia requerida del motor es  $13.92/0.874 = 15.9$  HP. Por consiguiente, es necesario usar por lo menos un motor de 20 HP.

### Dispositivos Mecánicos Variadores de Velocidad

Los métodos mecánico más comunes para obtener velocidades variables en las fajas transportadoras son: transmisión de faja en V sobre poleas de diámetro variable, transmisiones de velocidad variable, y acoplamiento hidráulicos variadores de velocidad.

La elección de estos dispositivos depende de la potencia y torque a ser transmitir, la relación de velocidad y la exactitud del mando requerido, de que tan bien trabajan los mandos seleccionados en el sistema, y los costos relativos inicial y de mantenimiento.

**Tabla 6-11.**  
**Eficiencia Mecánicas de Dispositivos Reductores de Velocidad**

Tipo de Mecanismo Reductor de Velocidad	Eficiencia mecánica aproximada
Faja en V	0.94
Cadena de Rodillos con Sprockets tallados, sin cubierta	0.93
Cadena de Rodillos con Sprockets tallados, encerramiento hermético de aceite	0.95
Reductor de Velocidad o Motorreductor de Engranajes Helicoidales con Reducción Simple	0.98
Reductor de Velocidad o Motorreductor de Engranajes Helicoidales con Reducción Doble	0.97
Reductor de Velocidad o Motorreductor de Engranajes Helicoidales con Reducción Triple	0.95
Reducción Bihelicoidal, Reductor de Velocidad montado sobre el Eje	0.97
Reductor de Velocidad Helicoidal Cónico con Reducción Simple, Doble o Triple	* Ver nota abajo
Reductor de Velocidad Helicoidal de Tornillo Rango Bajo (n hasta 20:1)	0.90
Reductor de Velocidad Helicoidal de Tornillo Rango Medio (n de 20:1 a 60:1)	0.85
Reductor de Velocidad Helicoidal de Tornillo Rango Alto (n de 60:1 a 100:1)	0.78
Reductor de Velocidad de Tornillo Sin Fin Rango Bajo (n hasta 20:1)	0.90
Reductor de Velocidad de Tornillo Sin Fin Rango Medio (n de 20:1 a 60:1)	0.70
Reductor de Velocidad de Tornillo Sin Fin Rango Alto (n de 60:1 a 100:1)	0.50
Cut gear spurs	0.90
Cast gear spurs	0.85

\* Las eficiencias para los reductores de velocidad Helicoidales Cónicos son un poco menos que las eficiencias mostradas para los reductores de velocidad Helicoidales.

### Transmisión de Deslizamiento

En climas con temperaturas bajas que ocasionan la formación de hielo sobre la faja transportadora, con la pérdida resultante en la eficiencia del transportador, es una buena práctica considerar la instalación de una transmisión de deslizamiento conectada con el equipo de accionamiento. Esta transmisión, también, puede usarse para mantener un medio eficaz de inspección del transportador. Esta transmisión consiste en un pequeño motor auxiliar y maquinaria de transmisión, que, mediante un arreglo de embrague, se encarga del accionamiento del transportador vacío a una velocidad muy baja. Esta transmisión se acondiciona para estar operativa en todo momento que el transportador no esté manejando carga, previniendo, así, la formación de depósitos de hielo dañinos en la faja transportadora. Normalmente este accionamiento va a aproximadamente 10% de la velocidad normal de la faja.

### Antirretornos

Una faja transportadora inclinado cargada con una pendiente suficiente tiende a regresarse, cuando el movimiento hacia adelante se detiene por un cese o interrupción de potencia o una falla mecánica en la maquinaria de accionamiento. Si el transportador cargado se regresa, el material se amontonaría en el extremo de cola del transportador. Esto podría dañar la faja seriamente, produciendo un riesgo en la seguridad, y ocasionando la necesidad de limpiar y acomodar el material derramado. Para prevenir este movimiento inverso, se usa un antirretorno.

Un antirretorno es un dispositivo mecánico que permite al portador operar sólo en la dirección deseada. Permite la rotación libre de la polea motriz en la dirección hacia adelante pero, automáticamente, previene rotación de la polea motriz en el sentido opuesto.

Hay tres diseños generales de antirretornos: freno diferencia de banda, ratchet y trinquete, y embrague de rueda libre. Vea Figuras 6.34, 6.35, y 6.36.

Figura 6.34. Antirretorno: Freno Diferencial de Banda, típico

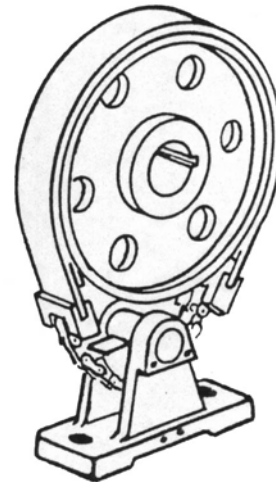


Figura 6.35. Antirretorno: Freno de Alojamiento

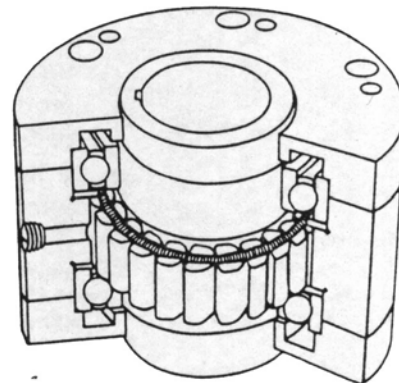
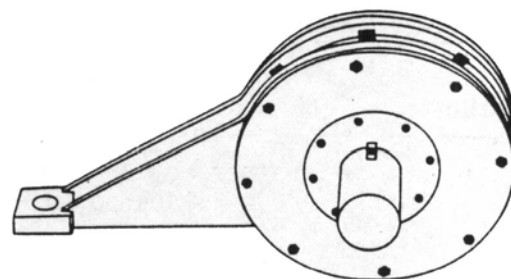


Figura 6.36. Antirretorno: Embrague de Rueda Libre



**Determinación de la Necesidad y Capacidad del Antirretorno, Transportadores Inclinados**

Cuando la fuerza requerida para elevar la carga verticalmente es mayor que la mitad de la fuerza requerida para accionar la faja con carga horizontalmente, se requiere un antirretorno. Es decir, cuando:

$$H W_m > \frac{L (K_x + K_y W_b + 0.015 W_B) + W_m L K_y}{2}$$

Vea la fórmula para  $T_e$ , páginas 78 y 91-92, omitiendo  $T_p$ ,  $T_{am}$ , y  $T_{ac}$ .

Debido a que el Antirretorno es un dispositivo de seguridad, es importante que la fuerza de fricción que retarda el movimiento inverso del transportador no se sobreestime. La fórmula anterior reduce estas fuerzas de fricción al 50% y elimina tanto el factor de corrección de temperatura y de fricción introducido por los accesorios transportador.

Los rangos para los Antirretornos se basan en las lb-pie del torque que pueden desarrollar de forma segura. Para determinar el valor aproximado del torque requerido de un Antirretorno montado en el eje de polea motriz, se aplica el análisis siguiente:

$r$  = radio de polea motriz, pie,

rpm = revoluciones por minuto del eje de la polea motriz

Torque requerido del Antirretorno:

$$\text{Torque} = r \cdot H W_m - \frac{L (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m L K_y}{2}$$

$$\text{Torque} = \frac{\text{HP} \times 5,250}{\text{rpm}} \quad \text{y} \quad \text{hp} = \frac{\text{rpm} \times \text{torque}}{5,250}$$

HP del Freno:

$$\text{hp}_b = \frac{\text{rpm} * r}{5,250} \cdot H W_m - \frac{L (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m L K_y}{2}$$

Este análisis se aplica a transportadores inclinado rectos. Para transportadores con perfiles irregulares, se debe hacer un análisis especial.

La mayoría de fabricantes de antirretornos, recomienda una selección del tamaño basada en el máximo torque de falla instalado del motor. Consulte al fabricante específico para el procedimiento de selección.

## Frenos

---

Un Transportador regenerador descendente cargado, al operar, se frena en el recorrido por la fuente de energía. Cualquier interrupción de energía o falla mecánico del accionamiento dejarán que la faja y carga correr fuera de control. Para prevenir esto, se requiere un freno apropiadamente localizado.

Un transportador horizontal, o uno descendente no regenerador, puede llegar a un grado que no es tolerable. En tal caso, se usa un freno para regular el tiempo y la distancia de parada.

Un freno es un dispositivo de fricción que brinda una parada controlada de la faja transportadora. Cuando los frenos se usa para detener el transportador en caso de falla de la energía o falla del accionamiento mecánico, ellos también se usan para controlar la distancia de parada de un transportador cuando está siendo desacelerado, para limitar la cantidad de material que se descargará por encima de la polea de cabeza durante el intervalo de parada. Los frenos se usan en lugar de los antirretornos en los transportadores reversibles inclinados, debido a que los antirretornos son unidireccionales.

Los frenos usados en el control de la faja transportadora operan bajo el principio de que las superficies de frenado se enganchan por resortes y se desenganchan por un imán o por presión hidráulica inducida por una combinación de



bomba hidráulica - motor eléctrico. Estos dos tipos generalmente se clasifican por el método de desenganchar las superficies de frenado. También se usan los frenos a corrientes parásitas para la desaceleración.

Prácticamente todos los transportadores que involucran la elevación o el descenso, necesitan, además de la fuerza de frenado, una acción de retención después de que el transportador se ha detenido, por otras razones que no sean la seguridad. En el caso de un transportador inclinado, esta acción de retención podría proporcionarse por un antirretorno. Sin embargo, para cualquier transportador descendente, hay una necesidad obvia por algún dispositivo que permita la aplicación de un torque controlado para disminuir la desaceleración de la carga a un valor razonable de la velocidad, además de proporcionar la potencia de retención suficiente para mantener la faja transportadora detenida, de forma segura, cuando está totalmente cargado pero no en funcionamiento.

Cualquier transportador que, bajo alguna condición de carga, es regenerativo, para propósitos de análisis de desaceleración y potencia de retención del freno, debe ser considerado como un transportador descendente.

### **Frenos Mecánicos de Fricción**

Los frenos mecánicos de fricción mecánicos, normalmente se accionan eléctricamente. Por razones de seguridad (falla de potencia), tales frenos deben ser trabados por resorte cuando son desenergizados.

Estos frenos de fricción mecánicos proporcionan tanto el torque de desaceleración necesario y la acción de retención final. Se interconectan eléctricamente con el motor de tal forma que cuando el suministro de energía del motor está cortado, la bobina de retención, del freno también está desenergizada, permitiendo así que un resorte fije el freno. Por esta razón, estos frenos son "a prueba de fallas".

El diseñador debe tener presente, sin embargo, que el freno de fricción no es un dispositivo de precisión, debido a las propiedades desventajosas inherentes al revestimiento del freno. El coeficiente de fricción del revestimiento del freno, y con él, el torque de freno real, está afectado por la temperatura, humedad, y el grado de desgaste.

### **Frenos de Corrientes Parásitas**

Los frenos de corrientes parásitas producen un torque de freno dinámico por medio de un tambor liso que rueda en un campo magnético producido por una bobina de campo estacionario. Las corrientes parásitas se generan en la superficie del tambor durante su rotación. Una atracción magnética entre estas corrientes parásitas y los polos del campo generado produce un torque de frenado en el tambor. Este torque varía directamente con la corriente de campo y la velocidad del tambor. Puede ajustarse de una manera escalonada por un sistema de control.

Por la acción de retención, debido a que el freno de corrientes parásitas no es eficaz en el caso de falla del suministro de energía, debe combinarse con un freno de fricción mecánico auxiliar. Como el tambor del freno de corrientes parásitas reduce su velocidad, el torque que es capaz de ejercer disminuye y es el cero cuando el tambor cesa de rodar. Así, no se puede esperar que el freno de corrientes parásitas retenga una faja transportadora en posición detenida. El freno de fricción auxiliar también sirve para disminuir la velocidad del transportador en caso de falla del suministro de energía.

La desaceleración también puede lograrse dentro del motor accionador y su mando. Hay tres maneras básicas para lograr esta acción de frenado, ninguna de las cuales proporciona el poder de retención después de que la faja transportadora se ha detenido. Por esta razón, algún tipo de freno externo auxiliar se necesita siempre para mantener la faja transportadora detenida.

### **Inversión del Motor**

Aquí, la corriente se invierte y se desarrolla un torque invertido. Esta fuerza trata de hacer girar el motor en un sentido opuesto al movimiento existente. La energía se disipa como calor. El motor debe desenergizarse cuando se alcanza una velocidad de cero, de otro manera el motor intentará acelerarse en sentido inverso. Los motores de jaula de ardilla son muy apropiados para esta aplicación, entre otros. No hay efecto de retención a velocidad cero y las pérdidas de potencia eléctrica durante la inversión son altas.



## **Freno Dinámico**

El freno dinámico es un sistema de freno eléctrico en que los motores se usan como generadores y la energía cinética de la carga se emplea como el medio actuante para ejercer la fuerza de retardo. Para los motores a.c. de freno dinámico, es necesario proporcionarles una fuente de la excitación d.c. durante el periodo frenado. El mando se coloca de tal manera que cuando el botón de parada se presiona, la línea del contactor se abre y otro contactor cierra la conexión a la excitación d.c. a una fase del motor primario. El motor actúa ahora como un generador y se carga por la corriente inducida que fluye a través del bobinado de la jaula de ardilla. El torque de frenado que varía en proporción a la corriente de excitación, se incrementa rápidamente a medida la velocidad se reduce pero entonces disminuye cuando la velocidad se acerca a cero. El torque de frenado desaparece cuando la velocidad se acerca a cero y no hay efecto de retención a velocidad cero.

## **Freno Regenerador**

Los motores de jaula de ardilla que operan a velocidad síncrona tienen características inherentes al torque de retardo. Esta condición de retardo, se conoce como freno regenerador, se aplica a la velocidad síncrona del motor (o para los motores de velocidad múltiple a sus velocidades síncronas). La energía generada por el motor fluye de regreso a la línea de energía eléctrica. Se debe tener cuidado en asegurar que el sistema de energía eléctrica sea capaz de absorber la energía generada por el motor.

Este tipo fundamental de freno es, especialmente útil para transportadores descendentes que operan a una velocidad que acciona al motor a su velocidad síncrona, además del deslizamiento.

## **Combinación de Frenos y Antirretornos**

---

A menudo un freno se usa para controlar el intervalo de parada en un transportador inclinado. Si es un transportador grande e importante, que puede invertirse y regresarse en caso de una falla mecánica, la prudencia determina el uso de un antirretorno mecánico como precaución de seguridad, además del freno eléctricamente accionado.

La fricción aparece en los frenos, y los frenos usados como antirretornos, no desarrollan los factores de fricción de diseño, hasta que las superficies de frenado se hayan desgastado y hagan un contacto total. Por consiguiente, los frenos de fricción usados como tales o como antirretornos se deben ajustar para compensar este proceso de "desgaste".

## **Retardamiento de Transportadores Descendentes**

Los transportadores descendentes de tipo regenerador, se retardan en funcionamiento normal por el motor accionador que actúa como generador, cuando la faja y su carga obligan al motor a girar a una velocidad mayor a la síncrona. El motor puede fallar en el frenado de la faja y la carga, cuando se le fuerza a una velocidad donde su corriente de salida es excesiva y los dispositivos de protección de sobrecarga abren el circuito. La selección apropiada del motor y de los mandos evitará esta contingencia. No obstante, el freno debe reemplazarse, por uno que se trabaje cuando el circuito de potencia se abra.

Un interruptor centrífugo se usa a menudo en los transportadores de la faja descendentes para abrir el circuito de control eléctrico a una sobrevelocidad predeterminada, y así para trabar el freno. Esto actuará como seguridad contra fallas mecánicas en la maquinaria del accionamiento.

Un freno normalmente se localiza en el extremo de cola del transportador descendente.

**Tabla 6.12.  
Recomendaciones para Antirretornos y Frenos**

Tipo de Transportador	Antirretorno	Freno:	Fuerzas a ser controladas
Transportador de nivel u horizontal	No requerido	Requerido cuando el movimiento por inercia no se admite o necesita ser controlado.	Fuerza de Desaceleración menos fuerza resistente de fricción
Transportador Inclinado	Requerido si la potencia de elevación iguala o excede a la potencia de fricción	Usualmente no requerido a menos que se prefiera sobre un antirretorno	Tensión Inclineda de la Carga menos fuerza resistente de fricción
Transportador Descendente	No requerido	Requerido	Fuerza de Desaceleración más Tensión Inclineda de la Carga menos fuerza resistente de fricción

### Recomendaciones para Antirretornos y Frenos

La tabla 6-12. lista las recomendaciones para el uso de antirretorno y frenos en transportadores horizontales, ascendentes y descendentes.

#### Desaceleración por Freno

Los frenos son una necesidad en transportadores descendentes para que la faja cargada pueda detenerse sin un excesivo movimiento por inercia o embalamiento. También se aplican los frenos a los transportadores de faja horizontales e inclinados por la misma razón. El excesivo movimiento por inercia pueden descargar mucho más material que el que el transportador siguiente u otras unidades puedan manejar. El cálculo matemático y la selección cuidadosa de un freno apropiadamente dimensionado eliminarán las tales dificultades.

### Dispositivos para Aceleración, Desaceleración, y Control de Torque

---

#### Arranque del Transportador

El arranque suave de una faja transportadora es importante. Puede lograrse con el uso de equipo de control del torque, tanto mecánico como eléctrico, o una combinación de los dos. El diseñador de la faja transportadora debe investigar las tensiones de aceleración de componentes del transportador para asegurar que las tensiones globales permanezcan dentro de límites seguros.

El arranque suave puede ser una consideración importante, donde un exceso de potencia se puede haber instalado para prever un futuro aumento de la capacidad o para extensiones futuras del transportador. En los casos de transportadores que tienen curvas verticales o volteadores, un arranque muy rápido puede causar un levantamiento excesivo de la faja sobre los rodillos. Esto haría necesario un aprovisionamiento gradual de la aceleración de la faja transportadora.

#### Aceleración Controlada

La aceleración puede controlarse por muchos tipos de dispositivos eléctricos.

**Motor de Rotor Devanado con Arranque Escalonado.** Por la adición de una resistencia externa en el bobinado secundario, eléctricamente accesible mediante anillos colectores, el torque de arranque pueden controlarse por pasos programados. Esto permite un programa diseñado para satisfacer al transportador particular, y supera los problemas de tensión excesiva de la faja, la forma de las curvas verticales, y otros problemas que se resuelven mediante el control del tiempo de arranque.

Este tipo de dispositivo de mando eléctrico se ha usado ampliamente durante muchos años en grandes sistemas de faja transportadora.

**Motor de Inducción de Jaula de Ardilla con Autotransformador.** Otro método de control del torque, y con él, el tiempo de aceleración, es el uso de un motor de inducción (normal o alto torque) con arranque de autotransformador. Su uso debe verificarse debido a los bajos torque de arranque producidos por el voltaje reducido puede no ser suficiente como para superar la fricción estática de arranque en transportadores de nivel o inclinados.

**Acoplamiento de Corrientes Parásitas.** Son dispositivos electromagnéticos compuestos de tres partes básicas: un rotor construido piezas polares múltiples (y fijadas a un eje), un cilindro hueco de hierro o tambor que rodea al rotor (y se fija a otro eje), y una bobina electromagnética estacionaria que rodea tanto al rotor y como al tambor y proporciona el campo magnético en que ellos operan.

La bobina electromagnética se energiza por una potencia baja, corriente directa suplementaria. Cuando el rotor o tambor gira, las corrientes parásitas se inducen. Estas corrientes parásitas crean un campo secundario y así crean un torque entre el rotor y el tambor. Los miembros accionados o de salida nunca alcanzan la misma velocidad de los miembros accionadores o de entrada. Esta diferencia inherente en la velocidad se llama "deslizamiento". La pérdida por deslizamiento aparece como calor, que debe disiparse por refrigeración de aire o agua.

En un accionamiento de transportador, el acoplamiento de corrientes parásitas se coloca entre el motor de jaula de ardilla y el reductor de velocidad, en el eje del motor, y en el eje de entrada del reductor de velocidad. Según el grado de excitación de la bobina se determina el deslizamiento entre los miembros accionado y accionador, es obvio que el acoplamiento de corrientes parásitas proporcionan un medio ideal de aceleración controlada. La excitación de la bobina puede incrementarse en un periodo de tiempo definido, o puede la respuesta al control regulador de velocidad de retroalimentación. Controles electrónicos sofisticados puede emplearse para regular la excitación de la bobina para producir virtualmente cualquier resultado deseado.

Hay muchas ventajas de los acoplamientos de corrientes parásitas. (1) Requieren una excitación de bobina de bajo potencia. (2) Permiten el arranque suave, controlado. (3) El motor puede arrancarse y acelerarse sin conectar la carga. En aplicaciones frecuentes de arranque y parada el motor puede correr de forma continua. (4) Se puede obtener velocidades variables. Sin embargo, en aplicaciones de velocidad variable, el deslizamiento adicional crea más calor que debe, claro, disiparse. (5) Hacen posible el uso de motores de jaula de ardilla y arrancadores en línea. (6) Se puede usar un acoplamiento de corrientes parásitas modificado como freno desacelerador (sin embargo no como un "freno de retención").

Las desventajas de los acoplamientos de corrientes parásitas son: (1) Requieren espacio adicional de accionamiento. (2) Se deben proporcionar enfriamiento por agua para los tamaños más grandes. (3) En general, son más costosos que un motor de rotor devanado y arranque de voltaje reducido.

**Acoplamiento Fluidos.** Son mecanismos mecánicos de dos piezas que consisten en un impulsor y un rodete, ambos dentro de una caja llena de aceite. El impulsor se conecta al eje conductor; el rodete se conecta al eje conducido. En los accionamientos del transportador, el acoplamiento de fluido se coloca normalmente entre el motor y el reductor de velocidad. Cuando el impulsor gira, el aceite se acelera a la periferia y pasa a los álabes del rodete, produciendo un torque en el rodete proporcional al peso y proporción del flujo del fluido. El acoplamiento fluido es básicamente un embrague deslizante. Y, como con un acoplamiento de corrientes parásitas, la pérdida por deslizamiento aparece como calor. Al contrario de su contraparte eléctrica, un acoplamiento fluido no se usa como dispositivo de velocidad variable.

Cuando es apropiadamente aplicado, el acoplamiento fluido puede producir una aceleración bastante suave de altas cargas inerciales. La velocidad de motor se eleva rápidamente a un punto cercano a la condición de máximo torque antes de que la carga sea enganchada. Esto hace del motor de jaula de ardilla un accionador ideal, cuando su torque máximo es aproximadamente 200% del torque a plena carga. Los acoplamiento fluidos permiten el uso de motores de jaula de ardilla con arrancadores en línea.

Los acoplamiento fluidos también proporcionan una solución excelente a los problemas de caída de voltaje, permitiendo al motor alcanzar toda la velocidad antes de experimentar la carga. Además, los acoplamiento fluidos limitan los esfuerzos de la faja debidos a los voltajes mayores en el arranque, previniendo así el deslizamiento de la faja.

Acoplamiento Hidráulico de Velocidad Variable. Estos dispositivos se han usado con mucho éxito, mundialmente. Los Acoplamiento Hidráulico de Velocidad Variable consisten en un acoplamiento fluido con ejes de entrada y salida, intercambiador de calor, bomba de alimentación de aceite, y el control asociado. La cantidad de aceite en el acoplamiento varía con la posición de un tubo alimentador ajustable. El mando puede ser manual o completamente automático. Las variaciones de velocidad encima de 4:1 son posibles. El dispositivo permite al motor CA arrancar sin ninguna carga. El torque establecido empieza de cero y el incremento se puede controlar durante un tiempo extenso. Se logran tiempos de aceleración suave sobre 200 segundos. El dispositivo también puede actuar como un embrague con el motor CA parado.

**Acoplamiento de Fluidos Seco.** Son similares a los acoplamiento fluido llenos de aceite, sólo que ellos consisten en una caja enchavetada al eje del motor y un rotor que se conecta a la carga. La caja contiene una carga de municiones de acero en lugar de un fluido. Cuando el motor arranca, la fuerza centrífuga desplaza la carga de municiones de acero a la periferia interna de la caja donde se acomoda alrededor del rotor. Hay un derrame antes de que la caja y el rotor finalmente encajen juntos. Así la potencia se transmite del motor a la carga.

La cantidad de la carga de municiones de acero determina el torque durante la aceleración. También puede determinar el aspecto del torque limitador de este acoplamiento.

**Acoplamiento Fluidos Mixtos.** Son similares a los acoplamiento de fluido seco, excepto, que en lugar de una carga de municiones de acero, estos acoplamiento fluido emplean silicona fluida u otro líquido parecido conveniente. Las características de estos acoplamiento son tales que se deben consultar a los fabricantes para los detalles específicos de funcionamiento antes de que se haga alguna aplicación.

**Acoplamiento de Embrague Centrífugo.** Consisten en un cubo accionador, una manguito o tambor accionado, y una serie de zapatas conectadas a o accionadas por el cubo. La periferia de cada zapata está provista de un material de recubrimiento del freno. El cubo conduce por el árbol accionador, el tambor por el eje accionado. Cuando el cubo gira, la fuerza centrífuga impulsa las zapatas hacia afuera contra el interior del tambor, para transmitir la potencia a la carga. Ocurre el deslizamiento produciendo el efecto de un arranque suave.

Volante. El control mecánico de arranque y parada puede lograrse por medio de un volante que se incrementa al WK2 del accionador primario, aumentando el tiempo de arranque y limitando el torque de entrada al sistema de faja transportadora, además de aumentar el tiempo y la distancia de parada.

**Embragues Mecánicos.** Este dispositivo puede controlar el torque de arranque eficazmente; permite ajuste de la cantidad de torque, así como el valor en que es aplicado. El embrague mecánico puede ser prefijado tanto para el valor de aplicación como para el límite máximo.

### **Determinación de los Requerimientos del Freno (Cálculos de Desaceleración)**

---

Para determinar alguna acción de frenado, se requiere que otras fuerzas inherentes al sistema diferentes a la de fricción, se deben considerar varias circunstancias diferentes bajo las que el transportador podría detenerse. Por ejemplo, ¿la parada es intencional, o es el resultado de la falla de la energía? También, si otro transportador lo alimenta, o si el transportador en cuestión entrega su carga a una faja adicional, es necesario considerar sus movimientos respectivos y los periodos de desaceleración.

Es obvio que los accionamiento de sistemas transportadores que consisten en más de una faja y en los que por lo menos una que alimenta otra tiene que estar interconectado eléctricamente de tal manera que si un transportador se detiene por cualquier razón, su alimentación también se detenga. Esta precaución por sí sola no es suficiente, si las propiedades físicas del primer transportador son tales que se movería por su inercia mucho más que el segundo. Si esto ocurriera, se produciría un amontonamiento de material en la segunda faja y podría causar una situación riesgosa.

Hablando, en general, en cualquier sistema con más de un transportador, la longitud del periodo de desaceleración de cualquier transportador sucesivo debe ser igual o mayor que la del anterior.

Si las propiedades inherentes de las diferentes unidades no producen periodos de desaceleración que estén de acuerdo con esta regla básica, son posibles dos remedios. (1) Se puede aplicar un freno a los transportadores que se mueven

demasiado debido a su inercia. Ésta es una solución íntegra, y relativamente fácil de realizar. (2) La energía almacenada de estos transportadores que se detienen demasiado rápido se puede incrementar, por ejemplo, por un volante. Aunque un volante aumentará la distancia de parada del transportador, también aumentará su tiempo de aceleración. Esto se debe tener en cuenta por el diseñador de faja transportadora.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, se encontrará que la aplicación de un freno es más conveniente, a menos que su uso sobreesfuerce cualquier miembro de la unidad a la que es aplicado.

**Descarga del Material Durante el Intervalo de Frenado**

Para determinar la cantidad de material descargado durante el intervalo de frenado, debe asumirse que el transportador desacelera a un valor constante. Por consiguiente, la distancia recorrida, mientras se detiene desde la velocidad total, es la velocidad promedio multiplicada por el intervalo de frenado.

$$\text{Distancia, recorrida por el transportador, pie} = \frac{(V + 0)}{2} \cdot t_d = \frac{V t_d}{120}$$

donde: V = velocidad de la faja, ppm,

t<sub>d</sub> = tiempo de parada real, segundos

Si la cantidad de material que se puede descargar de forma segura a la unidad transportadora siguiente (o a otra) es conocida, el tiempo máximo de frenado del intervalo de desaceleración puede determinarse como sigue:

$$W_d = \frac{V t_m}{120} (W_m)$$

Por consiguiente,

$$t_m = \frac{120 W_d}{W_m V}$$

donde: t<sub>m</sub> = máximo tiempo de parada permisible, segundo (intervalo de frenado o de desaceleración)

W<sub>d</sub> = peso que se puede descargar, lbs

W<sub>m</sub> = peso de material, lbs por pie de faja

**Fuerzas Actuantes Durante el Frenado o Desaceleración**

Las fuerzas que actúan en el transportador durante una parada frenada (desaceleración) incluyen la inercia; la resistencia friccional; la gravedad la fuerza de carga material; inclinación o descenso; y la fuerza de frenado.

La fuerza de resistencia a la fricción y el peso del material cargado, cualquiera, es igual a T<sub>e</sub>. La fuerza de frenado es igual a la suma algebraica de las otras fuerzas.

Por consiguiente, para transportadores horizontales, inclinados, y decendientes no regenerativos, la fuerza de frenado = fuerzas inerciales - T<sub>e</sub>, o:

$$F_d = \frac{M_e V}{60 g t_m} - T_e = \frac{W_e V}{60 g t_m} - T_e$$

Para los transportadores de faja descendentes regeneradores, la fuerza de frenado = fuerzas inerciales +  $T_e$ , o:

$$F_d = \frac{M_e V}{60 g t_m} + T_e = \frac{W_e V}{60 g t_m} + T_e$$

donde  $F_d$  = fuerza de frenado, lbs, en la línea de la faja,

$M_e$  = masa en movimiento equivalente, slug,

$g$  = aceleración de la gravedad, 32.2 pies por  $\text{seg}^2$ ,

$W_e$  = peso equivalente de las partes móviles del transportador y su carga, lb. Vea los Problemas 3 y 4.

$V$  = velocidad de faja, ppm,

$t_m$  = tiempo máximo de parada permisible, seg (frenado o intervalo de desaceleración)

$T_e$  = tensión efectiva o de la potencia de accionamiento, lb,

### Ubicación del Freno

Un análisis del diagrama de tensiones de la faja durante la desaceleración se debe hacer para determinar la polea apropiada en que se aplica el freno. La fuerza de frenado será adicional a las de fricción y elevación positiva.

Si el freno se instala en una polea motriz de cabeza, la fuerza del tensor automático debe ser suficiente como para transmitir la fuerza de frenado a través del tensor. El factor de arrollamiento de la polea de frenado debe verificarse para su adecuación durante el frenado. También, se debe mantener la tensión de faja mínima en el tramo de transporte del transportador durante el frenado. La tensión permisible máxima de faja no se debe exceder durante la desaceleración.

Para los transportadores inclinados u horizontales cortos, puede ser posible el frenado por medio de la polea motriz o de cabeza, asegurando que el tensor tenga la fuerza suficiente como para absorber la fuerza de frenado y mantener, aún, una tensión del lado flojo para conseguir los requisitos del factor de arrollamiento. Si no es práctico, como en el caso de transportadores horizontales o descendentes, entonces la fuerza de frenado se debe aplicar a la polea de cola.

Se debe calcular la tensión de faja máxima durante la desaceleración para asegurar que no exceda la tensión de arranque permisible recomendado (o de frenado). (Vea el Capítulo 13, "Desaceleración Controlada".) Si se encuentra que la tensión de la faja excede el valor permisible, puede requerirse una faja más pesada. O se puede reanalizar la faja transportadora para que proporcione una fuerza de frenado menor que actúe sobre un periodo de tiempo más largo. Si el transportador está sujeto a frecuentes paradas, las poleas y ejes se deben seleccionar para las tensiones más altas introducidas durante la desaceleración.

### Torque de Frenado

La fuerza de frenado (lbs) determinada anteriormente y que actúa en la faja, multiplicada por el radio (pie) de la polea de freno del transportador, da el valor del torque requerido para freno (lb-pie), asegurando que el freno se instala en el mismo eje que lleva la polea de frenado.

$$\text{Torque} = F_d r$$

donde  $F_d$  = fuerza de frenado en la faja

$r$  = radio de la polea de frenado del transportador, pie, en el mismo eje que el freno,



Si el freno se instala en algún eje diferente al de la polea, el requerimiento de torque se convierte multiplicando el torque anterior por las revoluciones por minuto del eje para el cual, el torque se ha determinado. Este producto es entonces dividido por las revoluciones por minuto del eje en el que el freno se montará. Seleccione el freno con el valor de torque siguiente más alto.

### **Capacidad de Absorción de Calor del Freno**

Las discusiones anteriores relacionada con la selección de un freno en base al torque. La parada una masa en movimiento involucra la absorción de la energía cinética de la faja, la carga, y la maquinaria en movimiento. Esta energía sólo se puede disipar en forma de calor en el freno. El levantamiento resultante en la temperatura de los elementos del freno no deben dañar el freno. Por esta razón, a continuación, se da una discusión sobre el diseño del freno y la absorción de que sigue.

Los forros para frenos industriales normalmente son hechos de material tejido o moldeado, además de distintos rellenos y adhesivos. El coeficiente de fricción de estos forros contra los tambores del freno varía considerablemente con las diferentes condiciones ambientales. Debido a la naturaleza de estas variaciones, no se pueden dar valores definidos del coeficiente de fricción. No obstante, algunas variaciones que pueden esperarse se aproximan a continuación.

Los coeficientes, y por consiguiente el valor del torque, puede variar ampliamente para los nuevos forros y/o nuevos tambor, hasta que las superficies del tambor y del forro se desgasten. Esto requiere de aproximadamente 4,000 a 6,000 operaciones de establecimiento de torque total. Durante este periodo los torque estáticos pueden bajar hasta el 30% por debajo del valor inicial, y en el torque dinámico hasta el 50%. Por esta razón, la discusión involucrará sólo forros y tambores bien gastados.

Tanto el torque estático como el dinámico varían con las temperaturas de la superficie del tambor. De 50 a 75 °C, los torque estáticos pueden estar tan altos como 30% a 35%. Pero entonces cae muy rápidamente con el incremento en la temperatura del tambor. De 115 °C a 135 °C, el torque estático está casi normal. A 150 °C, puede estar de 5% a 7% por debajo de lo normal. Los torque dinámicos pueden estar de 10% a 15% por encima, de 40 °C a 60 °C, y entonces sube rápidamente, hasta que de 115 °C a 150 °C puede estar tan alto como 140%. Entonces cae muy rápidamente con la excesiva elevación de la temperatura.

Debido a estas variaciones, los tambores de freno se prueban para elevaciones de 120 °C de disipación de energía normal. Los valores, que se expresan en, "HP segundos", se basan en una elevación de temperatura máxima de 120 °C en el tambor del freno, cuando el freno se aplica en los intervalos de tiempo listados. Los frenos tienen valores menores para paradas más frecuentes, debido a que no existe la refrigeración suficiente entre paradas para absorber el calor de las paradas repetidas rápidamente.

La humedad también tendrá un efecto adverso en el torque de frenado porque los forros para frenos industriales absorben la humedad. Si un freno se deja inoperativo por algún tiempo en una ambiente con humedad alta, los torque de frenado pueden reducirse hasta el 30% cuando el freno es recién colocado. Esta condición es autocorregida, porque el calor generado por el frenado rápidamente elimina la humedad. Normalmente el torque se restaurará a su valor casi normal al final del primer periodo de frenado. En este caso, el único efecto es un tiempo mayor que el usual para hacer la primera parada.

Las variaciones en cualquier material de forro dado, y en las condiciones de la superficie del forro y tambor, puede producir una variación de más o menos 10% en el torque durante las paradas sucesivas.

De los factores anteriores, es evidente que los frenos industriales no son dispositivos de precisión. El método normal de evaluar el torque del freno por la medición de la longitud del resorte o la longitud del tornillo de ajuste, que es la mejor aproximación. Cuando los efectos del frenado son importantes en el funcionamiento del transportador, el freno debe reajustarse para un frenado óptimo con una parada real y la retención de la carga después de la instalación del freno. Para las aplicaciones críticas en transportadores, puede ser necesario reajustar el freno más de una vez durante el periodo de descanso para los nuevos forros.

## Cálculos de Freno

Para verificar la absorción del calor de un tambor de freno por una simple parada del transportador cargado, primero determine el tiempo real de parada para el freno seleccionado.

$$t_d = \frac{W_e V}{(32.2) (60) \left[ \frac{Z_b}{r} \frac{\text{rpm}_b}{\text{rpm}_p} + T_e \right]}$$

donde  $t_d$  = tiempo real de parada, segundos

$W_e$  = peso equivalente de la masa en movimiento, lbs,

$V$  = velocidad de faja, ppm,

$Z_b$  = valor del torque o establecimiento del freno, lb-pie,

$\text{rpm}_b$  = revoluciones por minuto del eje del freno

$\text{rpm}_p$  = revoluciones por minuto del eje de la polea motriz

Nota: Para transportadores de faja regeneradores,  $T_e$  puede ser negativo.

La energía que se debe absorber por el freno cuando se hace una parada simple del transportador cargado se expresa como sigue:

$$\text{Energía, HP segundos} = \frac{(Z_b) (\text{rpm}_b) (t_d)}{10,500}$$

Los símbolos son los mismos que antes, pero con el freno en el eje de la polea motriz,  $\text{rpm}_p = \text{rpm}_b$ .

La absorción de calor se debe probar por el fabricante del freno para el periodo de servicio anticipado.

Si el freno seleccionado no tiene la capacidad de absorción de calor requerida, se debe usar o un freno modificado o uno más grande con la capacidad necesaria de absorción de calor. El resorte se debe ajustar al torque deseado.

### Ejemplo

Como un ejemplo numérico de selección del freno, se usarán las especificaciones de la faja transportadora del Problema 3. Como el  $WK^2$  y el peso total equivalente para el transportador han sido calculados, sólo se repiten las porciones esenciales de estas especificaciones.

Especificaciones del Transportador.

$V$  = velocidad de la faja = 500 ppm

$W_m$  = peso del material por pie de faja = 226 lbs

$T_e$  = tensión efectiva = 16,405 lbs

$T_2$  = tensión del lado flojo = 5,720 lbs

$T_o$ = tensión mínima =	3,067 lbs
$T_i$ = tensión de cola =	7,054 lbs
Peso equivalente de las partes móviles del transportador =	162,696 lbs
Peso de la carga del material =	543,360 lbs
Peso equivalente total para determinar la tensión de faja =	706,056 lbs
Accionamiento equivalente en la faja =	62,870 lbs
$W_e$ = peso total equivalente para determinar el freno =	768,926 lbs

Asumiendo que la descarga del transportador es en una tolva que sostiene 9 000 lbs de material, el tiempo máximo de parada permisible es:

$$t_m = \frac{120 W_d}{W_m V} = \frac{(120)(9,000)}{(226)(500)} = 9.54 \text{ segundos}$$

La fuerza del freno en la línea de la faja es:

$$F_d = \frac{W_e V}{60g t_m} - T_e = \frac{(768,926)(500)}{(60)(32.2)(9.54)} - 16,342 = 4,517 \text{ lbs}$$

Análisis.

Si la fuerza equivalente total retardadora de 4,517 lbs se aplica al eje de accionamiento de cabeza, una proporción igual a:

$$\frac{(62,870)(500)}{(60)(32.2)(9.54)} = 1,706 \text{ lbs'}$$

de la fuerza equivalente se absorbería en el retardo de los componentes del accionamiento. El resto,  $4,517 - 1,706 = 2,811$  lbs de la fuerza equivalente se transmitiría a la faja por la polea para retardar las partes móviles del transportador y la carga. Esta fuerza es  $T_{eb}$ .

Durante el frenado, la tensión más alta en la faja será  $T_{1b}$ , en el tramo de retorno justo después de la polea de accionamiento. Si el tensor automático se acerca a punto de cedencia de la fuerza de frenado, se puede asumir que  $T_{1b}$  es igual a  $T_2$ , la tensión del lado flojo, durante el funcionamiento normal de la faja. Porque:

$$T_{1b} - T_{2b} = T_{eb}$$

y sustituyendo  $T_2$  para  $T_{1b}$ :

$$T_2 - T_{2b} = T_{eb} = 5,720 \quad T_{eb} = 2,811$$

Por consiguiente,

$$T_{2b} = 5,720 - 2,811 = 2,909 \text{ lbs}$$

Ésta es la tensión en el tramo de transporte en la polea motriz de cabeza durante el frenado. Esta es insuficiente, para la tensión mínima,  $T_o = 3,067$  lbs. También,  $T_{2b} = (C_{wb}) (T_{eb})$ , o:

$$C_{wb} = \frac{T_{2b}}{T_{eb}} = \frac{2,909}{2,811} = 1.03 \text{ factor de arrollamiento durante el frenado.}$$

Esto es suficiente, debido a que el factor de arrollamiento es 0.35 para prevenir el deslizamiento entre la polea y la faja por el incremento de la fuerza en el tensor automático.

Cuando se dice que el frenado en el accionamiento de cabeza produce una tensión muy baja en el tramo de transporte, o un factor de arrollamiento muy pequeño, es necesario incrementar las tensiones de faja aumentando la fuerza del tensor automático.

La alternativa del freno en la polea motriz de cabeza es aplicable a la polea de cola. En este caso, se debe transmitir la fuerza total de frenado de 4,517 lbs a la faja.

Cuando la energía del accionamiento se corta, y justo cuando el freno hace efecto, la tensión en el tramo de retorno en la polea de cola será:

$T_{2b} = T_2 + \text{fricción de la polea} + \text{fricción entre la faja y rodillos de retorno} - \text{inertia de las partes móviles del tramo de retorno.}$

Fricción de la polea =  $(4)(100) + (1)(150) = 550$  lbs

Fricción de los rodillos de retorno =  $L (0.015 W_b)$

$$= (2,400)(0.015)(17) = 612 \text{ lbs}$$

Los pesos equivalentes de las partes móviles del tramo de retorno son:

La faja de retorno,  $L W_b = (2,400)(17) = 40,800$  lbs

El peso de las partes móviles de los rodillos de retorno es 48.4 lbs, de la Tabla 5-14, para una faja de 48 pulgada de ancho y rodillos Clase C6.

$$\text{Peso total de los rodillos rodantes de retorno} = \frac{2,400}{10} (48.4) = 11,616 \text{ lbs}$$

Peso rodante de las poleas, de Problema 3, página 137, es 3,450 lbs

Equivalente total de las partes móviles del tramo de retorno =  $40,800 + 11,616 + 3,450 = 55,866$  lbs

Fuerza equivalente en la línea de la faja

$$\begin{aligned} &= \frac{W_e V}{60g t_m} \\ &= \frac{(55,866)(500)}{(60)(32.2)(9.54)} \\ &= 1,516 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Por consiguiente,  $T_{2b} = 5,720 + 550 + 612 - 1,516 = 5,366$  lbs

Y porque  $T_{eb} = 4,517$ , y  $C_{wb} = T_{2b}/T_{eb}$ :

$$C_{wb} = \frac{5,366}{4,517} = 1.19$$

Esto es muy satisfactorio, con un arrollamiento de  $180^\circ$ , las poleas desnudas sólo requieren que el factor de arrollamiento,  $C_{wb}$ , de 0.84 o mayor. Vea la Tabla 6-8. La tensión máxima de la faja durante el freno =  $4,517 + 5,366 = 9,883$  lbs. Está bien, dentro de un máximo de  $1.80 (25,920) - 9,883 = 36,773$  lbs (vea la página 138). Es por, consiguiente, apropiado colocar el freno en el eje de la polea de cola de este transportador.

Asumiendo un radio de polea de cola de 1.5 pie y que está girando a 53 rpm, el torque en el eje de la polea de cola es:

$$F_d r = (4,517)(1.5) = 6,776 \text{ lb-pies}$$

Como el freno se montará directamente sobre el eje de polea de cola, el torque de frenado requerido será de 6,776 lb-pies.

Para este problema, asumiendo que se dispone de energía eléctrica de corriente alterna, el freno seleccionado del catálogo de los fabricantes es un freno magnético de c.a. con un valor de 10,000 lb-pie. Éste es tamaño siguiente mayor al valor calculado de 6,776 lb-pie.

El tiempo real de parada, usando este freno de 10,000 lb-pie es:

$$t_d = \frac{W_e V}{(32.2)(60)} \frac{Z_b \text{ rpm}_b}{r \text{ rpm}_p} + T_e$$

$$t_d = \frac{(768,926)(500)}{(32.2)(60)} \frac{10,000 \cdot 53}{1.5 \cdot 53} + T_e$$

$$= 8.65 \text{ segundos}$$

Esto es menor que el máximo de 9.54 segundos permisibles.

La Energía absorbida es:

$$p = \frac{(Z_b)(\text{rpm}_p)(t_d)}{10,500} = \frac{(10,000)(53)(8.65)}{10,500} = 436.62 \text{ hp - segundos}$$

El freno seleccionado es capaz de absorber un calor de 3,400 hp - seg. cada 15 minutos. Esto indica que una parada con carga se puede realizar de una forma segura sin el sobrecalentamiento del freno.

## ANEXO D

### DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE MOLIENDA

#### CALCULO DE LA CARGA CIRCULANTE

Para calcular la carga circulante según debemos analizar el hidrociclón

$$A = O + C$$

Para una malla determinada

$$Aa = Oo + Cc$$

$$(O + C)a = Oo + Cc$$

$$Oa + Ca = Oo + Cc$$

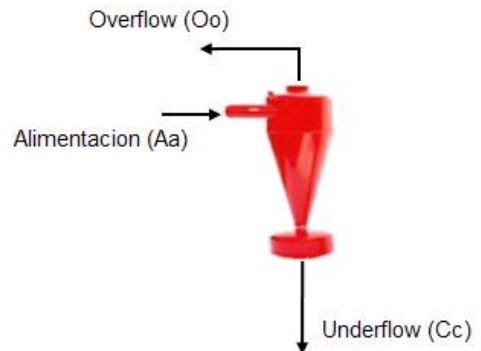
$$C(a - c) = O(o - a)$$

$$\frac{C}{O} = (o - a) / (a - c) \quad (1)$$

Por definición la razón de la carga circulante

es  $R_{cc} = \frac{C}{O}$  por lo que de (1) tenemos

$$R_{cc} = \frac{o - a}{a - c} \quad (2)$$



#### CALCULO DE PROPIEDADES DE LA PULPA

$$R_p = \frac{100 - \%Sp}{\%Sp} \quad (3)$$

$$GE_p = \frac{1 + R_p}{R_p + 1/GE_s} \quad (4)$$

$$TMH_{AGUA} = R_p \times TMSH \quad (5)$$

$$GPM_{PULPA} = 4.43 \times \left( R_p + \frac{1}{GE_s} \right) \times TMSH \quad (6)$$

#### DIMENSIONAMIENTO DEL MOLINO

$$W = 10 \times W_{IC} \times \left( \frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right) \quad (7)$$

$$W_{IC} = W_i \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \quad (8)$$

$$f_1 = \left( \frac{8}{D} \right)^{0.2} \quad (9)$$

$$f_2 = \frac{Rr + (W_i - 7)(F_{80} - Fo)}{Rr \times Fo} \quad (10)$$

$$Fo = 4000 \sqrt{\frac{13}{W_i}} \quad (11)$$

$$Rr = \frac{F_{80}}{P_{80}} \quad (12)$$

$$f_3 = \frac{P_{80} + 10.3}{1.145 \times P_{80}} \quad \text{si } P_{80} < 74 \text{ } \mu\text{m} \quad (13)$$

$$f_3 = 1 \quad \text{si } P_{80} \geq 74 \text{ } \mu\text{m} \quad (14)$$

$$f_4 = \frac{20(Rr - 1.35) + 2.6}{20(Rr - 1.35)} \quad \text{si } Rr < 6 \quad (15)$$

$$f_4 = 1 \quad \text{si } Rr \geq 6 \quad (16)$$

$$P_e = \frac{1.341 \times W \times F}{n} \quad (17)$$

$$D^{3.5} = \frac{P_e}{K_B (\%Vp)^{0.461} (\%Vc)^{1.505} (L/D)} \quad (18)$$

$$Vc = \frac{42.3}{\sqrt{d}} \quad (19)$$

## DIMENSIONAMIENTO DEL HIDROCICLÓN

$$D_{50C} (\text{Aplicación}) = D_{50C} (\text{Base}) \times C_1 \times C_2 \times C_3 \quad (20)$$

$$D_{50C} (\text{Base}) = 2.84 D_H^{0.66} \quad (21)$$

$$C_1 = \left( \frac{53 - \%V}{53} \right)^{-1.43} \quad (22)$$

$$C_2 = 3.27 p^{-0.28} \quad (23)$$

$$C_3 = \left( \frac{1.65}{GE_s - GE_L} \right)^{0.5} \quad (24)$$

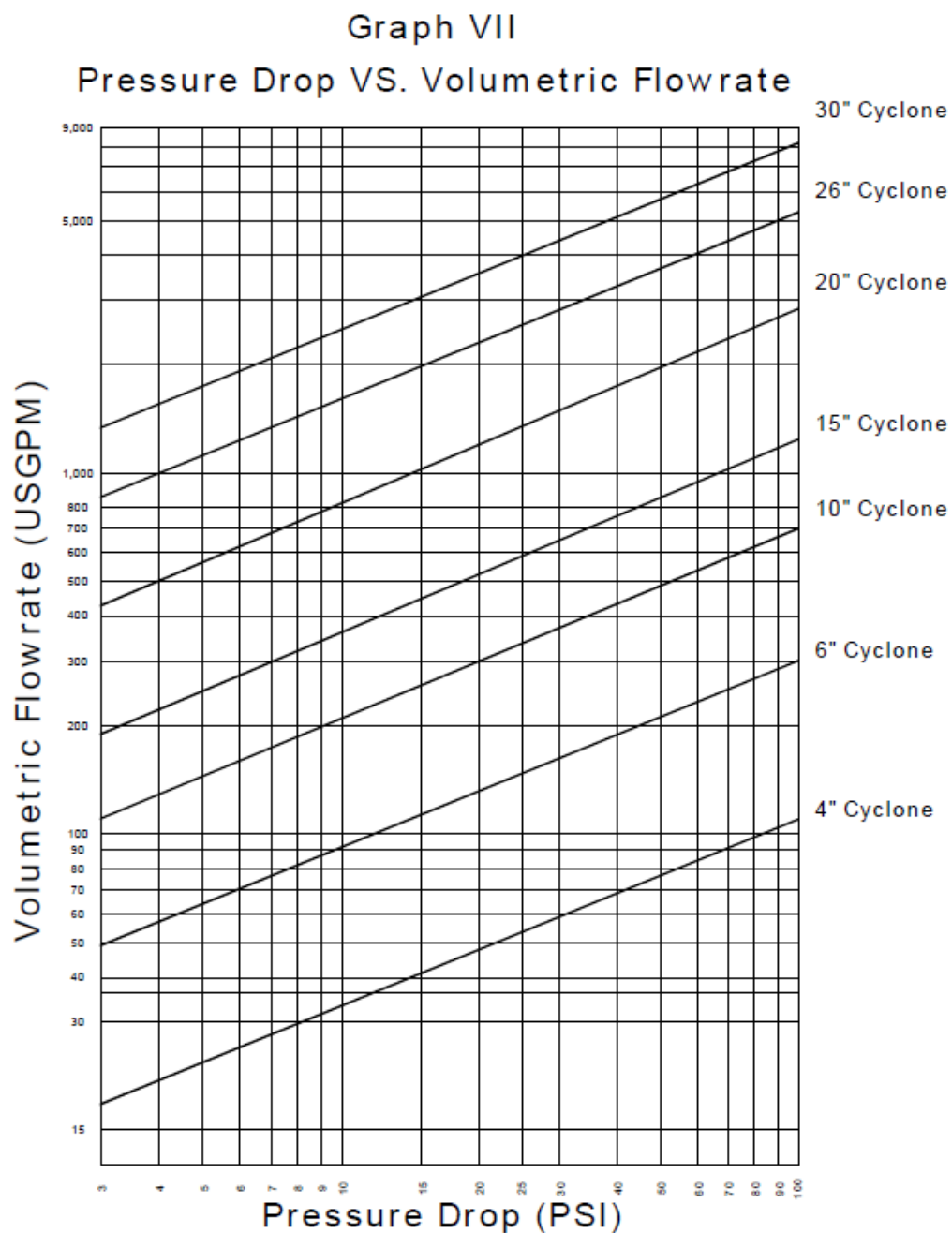


Figura 1



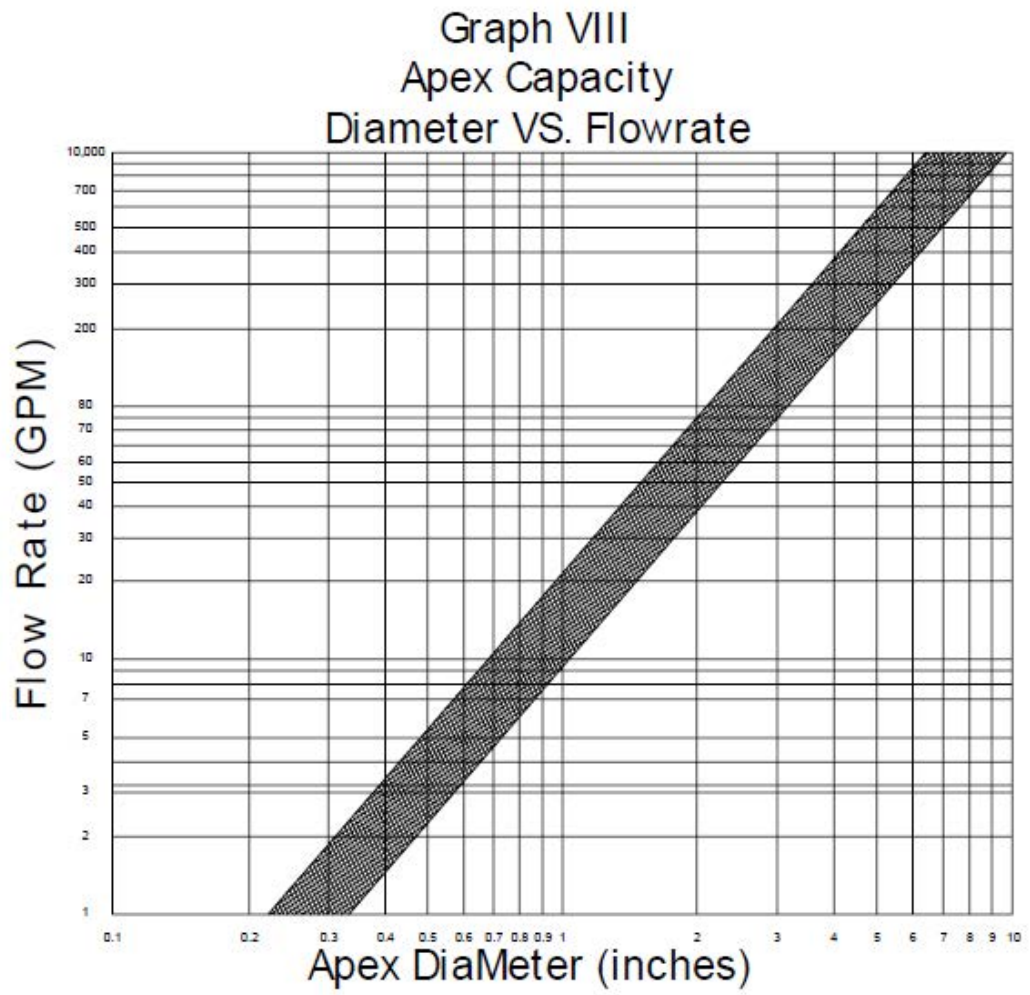


Figura 2

Donde:

A = Toneladas en la alimentación al hidrociclón, ton  
a = Acumulado pasante en la alimentación, %  
C = Toneladas de gruesos del hidrociclón, ton  
C<sub>1</sub> = Factor de concentración de sólidos en la pulpa que alimenta al hidrociclón  
C<sub>2</sub> = Factor por caída de presión entre la alimentación y el rebose en el hidrociclón  
C<sub>3</sub> = Factor por efecto de la gravedad específica de sólidos y líquidos  
c = Acumulado pasante en los gruesos, %  
D<sub>50C</sub> = Tamaño de mineral al 50% en el rebose del hidrociclón, en micrones  
D<sub>H</sub> = Diámetro del hidrociclón, en cm  
D = Diámetro del molino, en pies  
d = Diámetro del molino, en metros  
F = Capacidad en TC/hora  
F<sub>o</sub> = Tamaño óptimo de alimentación, en micrones  
F<sub>80</sub> = Granulometría pasante al 80% en peso del alimento, en micrones  
f<sub>1</sub> = Factor de diámetro del molino  
f<sub>2</sub> = Factor de tamaño de alimentación  
f<sub>3</sub> = Factor de sobre molienda de finos  
f<sub>4</sub> = Factor de razón de reducción en el molino  
GE<sub>L</sub> = Gravedad específica del líquido  
GE<sub>P</sub> = Gravedad específica de la pulpa  
GE<sub>S</sub> = Gravedad específica del sólido  
GPM<sub>PULPA</sub> = Galones por minuto de pulpa  
K<sub>B</sub> = Constante de proporcionalidad  
L = Longitud del molino, en pies  
n = Eficiencia  
O = Toneladas de finos del hidrociclón, ton  
o = Acumulado pasante en los finos, %  
P<sub>80</sub> = Granulometría pasante al 80% en peso del producto, en micrones  
P<sub>e</sub> = Potencia eléctrica requerida en la entrada del motor, en Hp  
p = Caída de presión en el hidrociclón, en kPa  
Rcc = Razón de la carga circulante  
Rp = Dilución de pulpa  
%Sp = Porcentaje de sólidos en la pulpa, %  
TMH<sub>AGUA</sub> = Toneladas métricas hora de agua  
TMSH = Toneladas métricas secas hora del mineral  
V<sub>C</sub> = Velocidad crítica del molino, en RPM  
%V<sub>C</sub> = % de la velocidad crítica del molino, %  
%V<sub>P</sub> = % del volumen interno del molino que se encuentra cargado de bolas, %  
%V = % de sólidos en volumen del alimento al hidrociclón  
W = Consumo energético en kw-hora/TC  
W<sub>1</sub> = Índice de trabajo, en kW-h/tc  
W<sub>1C</sub> = Índice de trabajo corregido, en kW-h/tc

## Bibliografía

[Egaz, J. Angel], Evaluación de Plantas Concentradoras, 1<sup>ra</sup> Edición, 1985, p.62

Ibid., p.8

[Flismith Minerals], Reference Tables for Mineral Processing, 2008, p.78-83

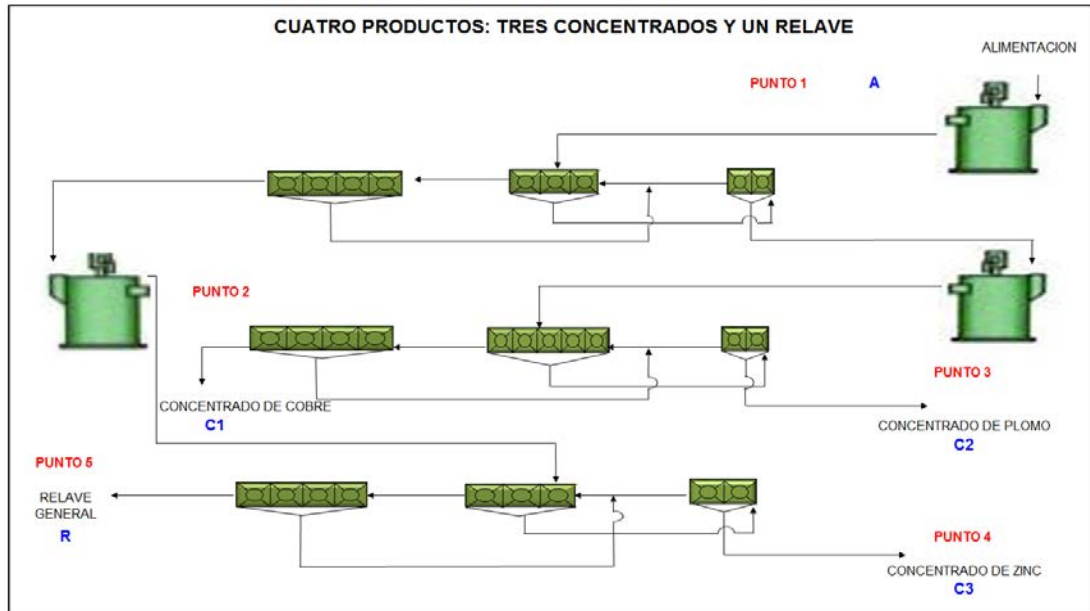
Ibid., p. 69-76

[Denver], Density Data, Slurry Water and Solids Pulp, 1972

## ANEXO E

### DIMENSIONAMIENTO CIRCUITO DE FLOTACION

#### BALANCE METALURGICO DE CUATRO PRODUCTOS, TRES CONCENTRADOS Y UN RELAVE



Llamemos:

A: Tonelaje del mineral de alimentación

C<sub>1</sub>: Tonelaje del primer concentrado

C<sub>2</sub>: Tonelaje del segundo concentrado

C<sub>3</sub>: Tonelaje del tercer concentrado

R: Tonelaje del relave general

Si "a", "b" y "d" son los elementos que se deben recuperar se tiene:

- a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub> y a<sub>5</sub>: Leyes de "a" en la alimentación, 1<sup>er</sup> concentrado, 2<sup>do</sup> concentrado, 3<sup>er</sup> concentrado y en los relaves respectivamente.
- b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> y b<sub>5</sub>: Leyes de "b" en la alimentación, 1<sup>er</sup> concentrado, 2<sup>do</sup> concentrado, 3<sup>er</sup> concentrado y en los relaves respectivamente.
- c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub> y c<sub>5</sub>: Leyes de "c" en la alimentación, 1<sup>er</sup> concentrado, 2<sup>do</sup> concentrado, 3<sup>er</sup> concentrado y en los relaves respectivamente.

Con estos datos formamos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$a1.A = a2.C1 + a3.C2 + a4.C3 + a5.R$$

$$b1.A = b2.C1 + b3.C2 + b4.C3 + b5.R$$

$$d1.A = d2.C1 + d3.C2 + d4.C4 + d5.R$$

$$A = C1 + C2 + C3 + R$$

Se tiene un sistema de ecuaciones con 4 incógnitas, procedemos a desarrollarlo por determinantes obteniendo:

- $D_s$  : Determinante del sistema
- $D_{c1}$  : Determinante del concentrado 1
- $D_{c2}$  : Determinante del concentrado 2
- $D_{c3}$  : Determinante del concentrado 3

Con estos datos podemos calcular el tonelaje de cada concentrado según:

$$C_1 = A \times \frac{D_{c1}}{D_s}$$

$$C_2 = A \times \frac{D_{c2}}{D_s}$$

$$C_3 = A \times \frac{D_{c3}}{D_s}$$

$$R = A - C_1 - C_2 - C_3$$

Ahora calculamos el contenido metálico de los minerales a, b y c en la alimentación, 1<sup>er</sup> concentrado, 2<sup>do</sup> concentrado, 3<sup>er</sup> concentrado y en los relaves. Usamos la siguiente formula:

#### **Tonelaje del mineral "a"**

$$\text{En la cabeza} = \frac{a1}{100} \times A$$

$$\text{En el 1}^{\text{er}} \text{ concentrado} = \frac{a2}{100} \times C_1$$

$$\text{En el 2}^{\text{do}} \text{ concentrado} = \frac{a3}{100} \times C_2$$

$$\text{En el 3er concentrado} = \frac{a4}{100} \times C_3$$

$$\text{En el relave} = \frac{a5}{100} \times R$$

### **Tonelaje del mineral "b"**

$$\text{En la cabeza} = \frac{b1}{100} \times A$$

$$\text{En el 1}^{\text{er}} \text{ concentrado} = \frac{b2}{100} \times C_1$$

$$\text{En el 2}^{\text{do}} \text{ concentrado} = \frac{b3}{100} \times C_2$$

$$\text{En el 3er concentrado} = \frac{b4}{100} \times C_3$$

$$\text{En el relave} = \frac{b5}{100} \times R$$

### **Tonelaje del mineral "c"**

$$\text{En la cabeza} = \frac{c1}{100} \times A$$

$$\text{En el 1}^{\text{er}} \text{ concentrado} = \frac{c2}{100} \times C_1$$

$$\text{En el 2}^{\text{do}} \text{ concentrado} = \frac{c3}{100} \times C_2$$

$$\text{En el 3er concentrado} = \frac{c4}{100} \times C_3$$

$$\text{En el relave} = \frac{c5}{100} \times R$$

Con estos datos calculamos la distribución en porcentaje de cada mineral en los concentrados y el relave

$$\text{Del 1}^{\text{er}} \text{ concentrado} = \frac{\text{Cont.}_\text{Metalico}_\text{Concentrad}_1}{\text{Cont.}_\text{Metalico}_\text{Cabeza}} \times 100$$

$$\text{Del 2}^{\text{do}} \text{ concentrado} = \frac{\text{Cont.}_\text{Metalico}_\text{Concentrad}_2}{\text{Cont.}_\text{Metalico}_\text{Cabeza}} \times 100$$

$$\text{Del 3}^{\text{er}} \text{ concentrado} = \frac{\text{Cont.}_\text{Metalico}_\text{Concentrad}_3}{\text{Cont.}_\text{Metalico}_\text{Cabeza}} \times 100$$

### **Calculo de los radios de concentración (RC)**

Este dato nos indica cuantas toneladas hay que alimentar al circuito para producir una tonelada de concentrado

$$RC_1 = \frac{\text{Tonelaje}_\text{Alimentación}}{\text{Tonelaje}_\text{Concentrad}_1}$$

$$RC_2 = \frac{\text{Tonelaje}_\text{Alimentación}}{\text{Tonelaje}_\text{Concentrad}_2}$$

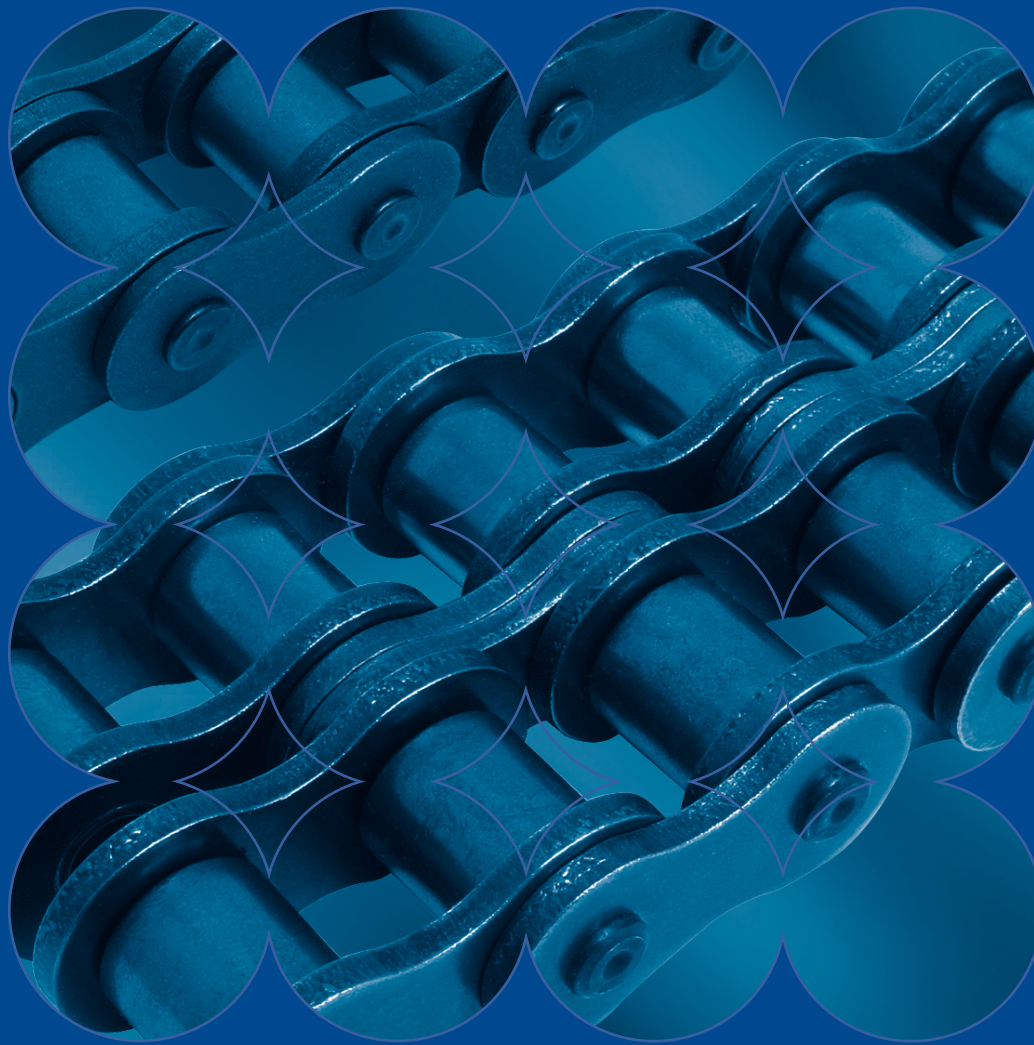
$$RC_3 = \frac{\text{Tonelaje}_\text{Alimentación}}{\text{Tonelaje}_\text{Concentrad}_3}$$

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Egas, J. Angel, Evaluación de Plantas Concentradoras, 1<sup>ra</sup> Edición, Perú, 1985, Capitulo III, p. 22.



# *Roller chain catalogue*



**RENOLD**

*Superior Chain Technology*

[www.renold.com](http://www.renold.com)

### Section 1 - BS and ANSI products and dimensions

Precision roller chain / chain types .....	5
Chain branding .....	6
Renold Synergy brand .....	7
<b>European (BS) Standard</b>	
Renold Synergy chain .....	8
A&S Transmission Chain .....	10
Small and large pitch chain .....	12
Standard attachment chain .....	13
Renold Syno nickel plated chain .....	22
Renold Syno stainless steel chain .....	23
Renold Syno polymer bush chain .....	24
Renold Stainless steel chain .....	25
Renold Sovereign chain .....	26
Renold Hydro-Service chain .....	27
Straight side plate chain.....	28
Nickel plated chain.....	29
Cranked link chain .....	30
Hollow pin chain.....	31
Double pitch chain and Bush chain .....	32
Sidebow chain .....	33
<b>ANSI Standard</b>	
Renold Synergy chain .....	34
A&S Transmission Chain .....	36
Small and large pitch chain .....	38
Multiplex chain .....	39
Standard attachment chain .....	40
Renold Syno nickel plated chain .....	48
Renold Syno polymer bush chain .....	49
Renold Stainless steel chain .....	50
Renold Hydro-Service chain .....	51
Renold Ansi Xtra chain.....	52
Nickel plated chain.....	54
Hollow pin chain.....	55
Double pitch chain .....	56
<b>Specials and Accessories</b>	
Klik-Top chain .....	57
Polymer block chain .....	59
Renold Roll-Ring chain tensioner .....	64
Sprockets .....	67
Transmission counterweight sets.....	76
Transmission rack sets.....	77
Transmission chain guides.....	78
Rivet extractors and chain lubricant.....	79

### Section 2 - Chain Installation and Maintenance

Chain Installation and Maintenance .....	80
--	----

### Section 3 - Designer Guide

Designer Guide specification guidelines .....	93
---	----

### Section 4 - Industry applications

Examples of Renold Chain in action .....	120
Word Index .....	134

**RENOLD**

**SECTION 3**

**DESIGNER GUIDE SPECIFICATION GUIDELINES**

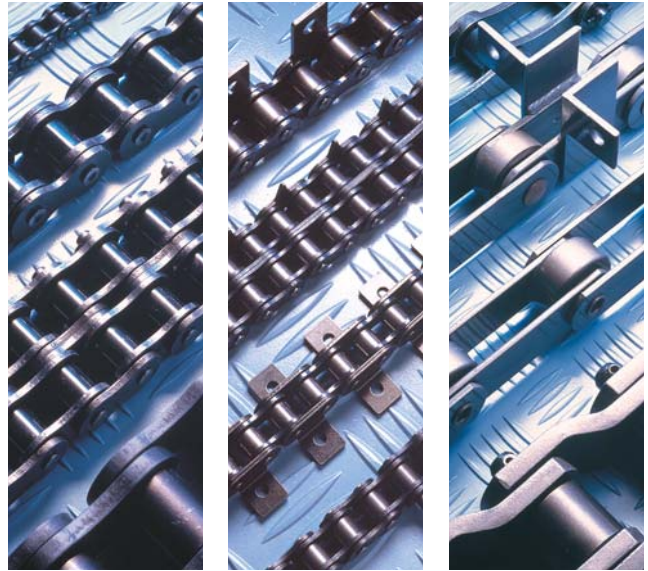
## Renold Chain Designer Guide

### Development of Early Roller/Bush Chain

As the industrial revolution gained pace, the need for higher performance chain ensured that the product did not stand still. A quick look at the 1880 patent would give the impression that there is no difference between it and modern chain.

In concept, this is true. However, early chain performance was very much constrained by design knowledge, material sophistication and production processes. For example, in order to achieve a close tolerance on round parts, Hans Renold also pioneered centreless grinding and at one time had a whole section devoted to grinding cold drawn bar to size before further processing.

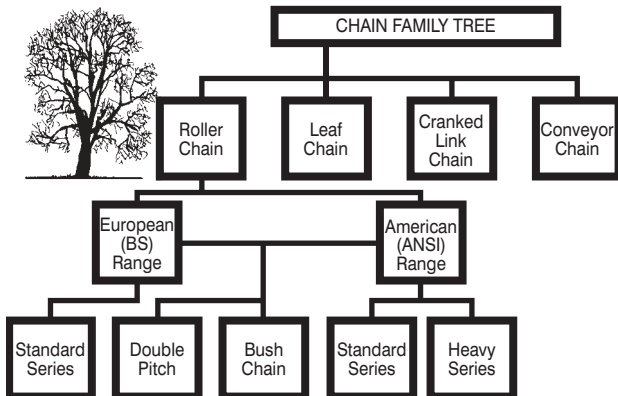
The shortcomings of available technology meant that, compared with modern chain, there were low strength to weight ratios, erratic pitch control, poor engagement characteristics and a tendency toward point loading, causing high bearing pressures, wear and failure. The ever increasing number of applications for chain resulted in a continuous refinement of our production processes and the introduction of heat treatment, improving Renold Chain to meet these new and arduous demands.



### Modern Chain

There is today a very wide range of chain products available. Some of these are special low volume products, for example nuclear waste handling chain. Other high volume products such as motorcycle chain are an offshoot of one of the key groups shown below.

At the top level of the chain groups, conveyor chain is perhaps the most difficult to compartmentalize, since most types of chain can be used to convey. There is, however, a range of so called conveyor chain products typified by its long pitch, large roller diameter and emphasis on tensile strength rather than fatigue life.



Cranked link chain, like conveyor chain, is intended to run only at low speeds, since the presence of a cranked plate will reduce fatigue life. This chain tends to be used in conveying applications where harsh environmental conditions prevail, in mineral excavation for example.

Leaf chain is similar in construction to the old Galle chain, except that plates are interleaved in various configurations right across the width of the pin. This means that there is no way of providing sprocket engagement and the chain can only be used to transmit force through suitably anchored ends. Chains are guided around simple plain pulleys. Perhaps the best example of the use of leaf chain is in the lifting mechanism of a fork lift truck.

This leaves the most important group of chain, the European and American series of transmission chain. The European (from the old British Standard) range, grew out of the early pioneering work of Hans Renold, as mentioned above, and the size of components through the range therefore reflected a growing understanding of chain design and probably was influenced by the availability of stock material sizes. The American or ANSI range, which came later, has a clear mathematical theme, whereby the sizes of components are calculated in accordance with expressions now quoted in the ANSI standard B29.1. It should also be mentioned here that the ANSI range of chain is shadowed by a range of similar chains, but using the side plate material from the chain of the next highest size. This results in a range of chains with higher fatigue life but not necessarily higher tensile strength, since the pin diameters are unchanged.

Both European and ANSI ranges of chain are available in double pitch and bush chain forms. Double pitch is primarily another form of conveyor chain using the round parts from a standard chain, but having twice the pitch.

Bush chain is simply roller chain without a roller and is also the only design configuration possible on very small pitch chain, such as 4mm and ANSI 25 or 1/4 inch pitch. Bush chain is used for lightly loaded applications or those requiring only direct pull.

Modern chain has features incorporated which enable demanding applications to be tackled with ease. These include high wear and fatigue resistance and transmission efficiency of around 98%.

Chain is also now manufactured in multiple strands joined together by a common pin, giving more scope for increased power transmission in restricted space. The range of products now available with alternative materials, special coatings, endless varieties of attachments, hollow bearing pins and anti-backbend, to name just a few, give scope for the widest portfolio of design solutions imaginable.

Together with improvements to factory applied greases and better understanding of applicational techniques, designers can now specify transmission chain with confidence.

### Chain Performance

Renold Chain products that are dimensionally in line with the ISO standard far exceed the stated ISO minimum tensile strength requirements. However Renold does not consider breaking load to be a key indicator of performance because it ignores the principal factors of wear and fatigue. In these areas, Renold products are designed to produce the best possible results and independent testing proves this.

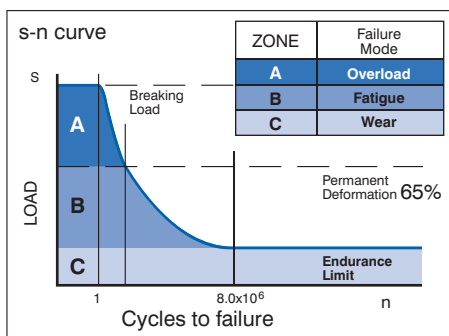
In this catalogue, where the ISO breaking load is quoted, it should be noted that we are stating that the Renold product conforms to the ISO minimum standard. Independent test results show that the minimum (many companies quote averages) breaking loads were far in excess of the ISO minimum.

Where the quoted breaking load is not described as being the ISO minimum, the product has no relevant ISO standard. In this case, the breaking loads quoted are the minimum guaranteed.

The performance of a chain is governed by a number of key factors. The tensile strength is the most obvious since this is the means by which a chain installation is roughly sized. However, since a chain is constructed from steel, the yield strength of which is around 65% of the ultimate tensile strength, any load above this limit will cause some permanent deformation to take place with consequent rapid failure.

Reference to the s-n curve below shows that at loads below this 65% line, finite life may be expected and at subsequent reductions in load the expected life increases until the fatigue endurance limit is reached at around 8 000 000 operations.

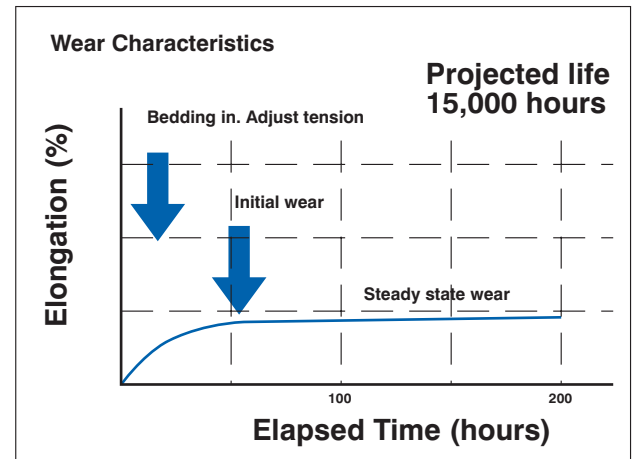
Loads below the endurance limit will result in infinite fatigue life. The



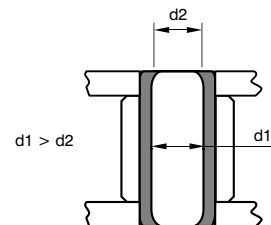
failure mode will then become wear related which is far safer, since a controlled monitor of chain extension can take place at suitable planned intervals. In practice, if a load ratio of tensile strength to maximum working load of 8:1 is chosen, then the endurance limit will not normally be exceeded. Careful consideration of the expected maximum working loads should be given since these are often much higher than the designer may think! It is also a requirement that any passenger lift applications are designed with a safety factor of not less than 10:1.

In most applications the failure mode is designed to be wear and therefore some consideration of how a chain behaves in this mode are shown below.

Examination of the wear characteristics graph below shows that chain tends to wear in three distinct phases. The first phase, shown as 'bedding in', is a very rapid change in chain length associated with components adjusting to the loads imposed on them. The degree of this initial movement will depend to a large extent on the quality of chain used. For example, good component fits, chain pre-loaded at manufacture, plates assembled squarely etc. Renold chain has many features that minimise the degree of bedding in.



The second phase, shown as 'initial wear', might also be described as secondary 'bedding in'. This is caused firstly by the rapid abrasion of local high spots between the mating surfaces of the pin and bush, and secondly by displacement of material at the bush ends. This is explained more clearly by the inner link assembly diagram shown, where it may be seen that in order to ensure good fatigue life, the bush and plate have a high degree of interference fit resulting in a tendency of the bush ends to collapse inwards slightly. This localised bulge will wear rapidly until the pin bears equally along the length of the bush. Renold limits this effect by introducing special manufacturing techniques. Some manufacturers maintain cylindricity by reducing the interference fit to a very low level. This reduces fatigue performance.



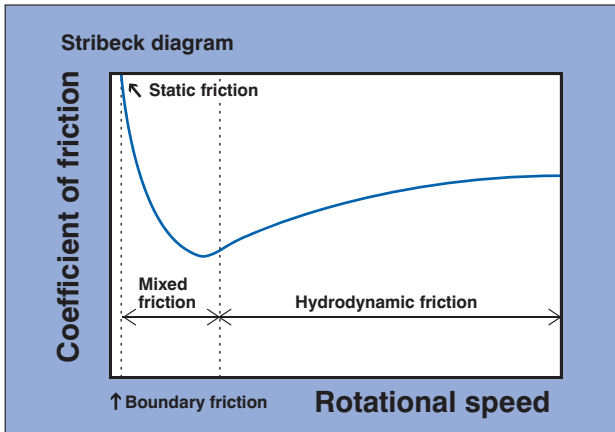
Tendency of bush to collapse at assembly

The final steady state of wear will continue at a very low rate until the chain needs renewal. In a correctly designed and lubricated system, 15 000 hours continuous running should be normal.

## Renold Chain Designer Guide

3

The reason that wear takes place at all is demonstrated with reference to the Stribeck diagram below. It may be seen from this that where two mating surfaces are in contact, the coefficient of friction is very high at the point of initial movement, known as static friction. The reason for this is that the surface irregularities of the two bodies are interlocked with little or no separating lubrication layer. As the surface speeds increase, lubricant is drawn between the two surfaces and friction takes place with some surface contact. This condition is known as 'mixed friction'. These two conditions result in material loss over time. With a continuing increase in surface speed, hydrodynamic friction takes place, a condition where there is no metal to metal contact.



If we consider the action of the mating surfaces of the bush and pin during one cycle of a two sprocket system, it will quickly be realised that these components are stationary with respect to each other during travel from one sprocket to the other, and accelerate rapidly through a very small angle when engaging with the sprocket before coming to rest once more. This means that the pin/bush combination is operating between the static and mixed friction states and that lubrication will therefore be an important aspect of system design.

### Wear Factors

As already shown, wear takes place from the friction between the mating of the pin and bush. The rate of wear is primarily determined by the bearing area and the specific pressure on these surfaces. The hardened layers of the pin and bush are eroded in such a way that the chain will become elongated.

ELONGATION may amount to a MAXIMUM of 2% of the nominal length of the chain. Above 2% elongation, there can be problems with the chain riding up and jumping the sprocket teeth.

Elongation should be limited to 1% when:

- A sprocket in the system has 90 teeth or more.
- Perfect synchronization is required.
- Centre distances are greater than recommended and not adjustable.

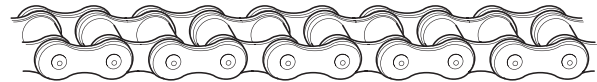
When the demands of the system become even higher, it is necessary to reduce the allowable percentage elongation further.

Wear depends on the following variables in a drive system:

- **SPEED** - The higher the speed of a system, the higher the frequency of bearing articulations, so accelerating wear.
- **NUMBER OF SPROCKETS** - The more sprockets used in a drive system, the more frequently the bearings articulate.
- **NUMBER OF TEETH** - The fewer the number of teeth in a sprocket, the greater the degree of articulation, the higher the wear.
- **CHAIN LENGTH** - The shorter the length of chain, the more frequently the bearings in the chain will have to operate, the faster wear takes place.
- **LUBRICATION** - As already shown, using the correct lubrication is critical to giving good wear life.

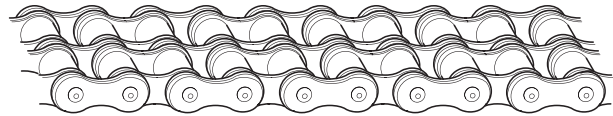
### Chain Types

#### SIMPLEX CHAIN



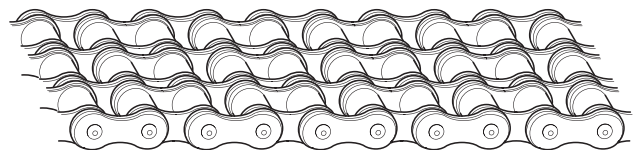
STANDARD    ISO 606    ANSI B29.1

#### DUPLEX CHAIN



STANDARD    ISO 606    ANSI B29.1

#### TRIPLEX CHAIN



STANDARD    ISO 606    ANSI B29.1

As with all engineered products, industry demands that chain be produced to a formal standard. The key transmission chain standards are summarised on page 93.

### European Standard

Chains manufactured to the above standards are covered by ISO 606 and DIN 8187. These standards cover 3 versions:

- SIMPLEX
- DUPLEX
- TRIPLEX

The range of pitch sizes can vary between 4mm, (0.158 inch) to 114.3mm, (4.500 inch).

They are characterised by a large pin diameter, especially for the larger pitch sizes. This results in better wear resistance due to the greater bearing area.

The ISO standard has a simple form of part numbering, for example 1/2 inch pitch duplex chain would be 08B-2.

- The first two digits are the pitch size in 1/16's of an inch, therefore 08 = 8/16 or 1/2 inch.
- The letter 'B' indicates European Standard.
- The suffix 2 indicates the number of strands in the chain, in this case a duplex chain.

### American Standard

American standard chains are covered by ISO 606, ANSI B29.1 and DIN 8188 and eight versions are covered.

- SIMPLEX, DUPLEX and TRIPLEX as for the European standard chains.
- QUADRUPLEX, 4 strands.
- QUINTUPLEX, 5 strands.
- SEXTUPLEX, 6 strands.
- OCTUPLEX, 8 strands.
- DECUPLEX, 10 strands.

The pitch sizes covered by this standard are 1/4 to 3 inch pitch.

American standard chains have a smaller pin diameter than their European standard equivalent. Wear resistance is therefore reduced when compared with European standard chains with the one exception, 5/8 inch pitch. In this case the pin and bush diameter is larger in an American standard chain.

American standard chains are normally referred to under the ANSI standard numbering system, for example a 1/2 inch pitch duplex chain would be, ANSI 40-2.

The ANSI numbering system works as follows:

- The first number is the pitch size in 1/8 inch, ie 4/8 = 1/2 inch pitch.
- The second number refers to the chain being a roller chain, 0 = roller chain. A 5 replacing the 0 would indicate a bush chain.
- The suffix, as with European standard chain, refers to the number of strands in the chain, that is 2 = duplex chain.

ANSI chain is also available in heavy duty options with thicker plates (H) and through hardened pins (V). An ANSI heavy chain would be specified using these suffixes.

- ie.     ANSI 140-2HV   Duplex, thick plates, through hardened pin  
       ANSI 80H       Simplex, thick plates

### Range of Application

## International Standards

The transmission chain market worldwide is divided between these two chain standards, based on the economic and historical influences within their regions.

- American standard chain is used primarily in the USA, Canada, Australia, Japan and some Asiatic countries.
- European standard chains dominate in Europe, the British Commonwealth, Africa and Asian countries with a strong British historical involvement.

In Europe around 85% of the total market uses European standard chain. The remaining 15% is American standard chains found on:

- Machinery imported from countries where American standard chain dominates.
- Machinery manufactured in Europe under licence from American dominated markets.

### Chain Not Conforming to ISO Standards

There are also Renold manufacturing standards for special or engineered chain which can be split as follows:

1. HIGHER BREAKING LOAD CHAIN - This chain usually has plates that undergo a special treatment, has thicker side plate material and/or pin diameters that slightly deviate from the standards.
2. SPECIAL DIMENSIONS - Some chains can be a mixture of American and European standard dimensions or the inner width and roller diameters vary, such as in motorcycle chains.
3. APPLICATIONAL NEEDS - Special or engineered chain is manufactured for specific applicational use, examples being:

- Stainless steel chain.
- Zinc or nickel plated chain.
- Chain with plastic lubricating bushes.
- Chains with hollow bearing pins.
- Chain that can bend sideways, (SIDEBOW).

In applications requiring a special or engineered chain, we would suggest that you contact our technical sales staff for more information.



## Renold Chain Designer Guide

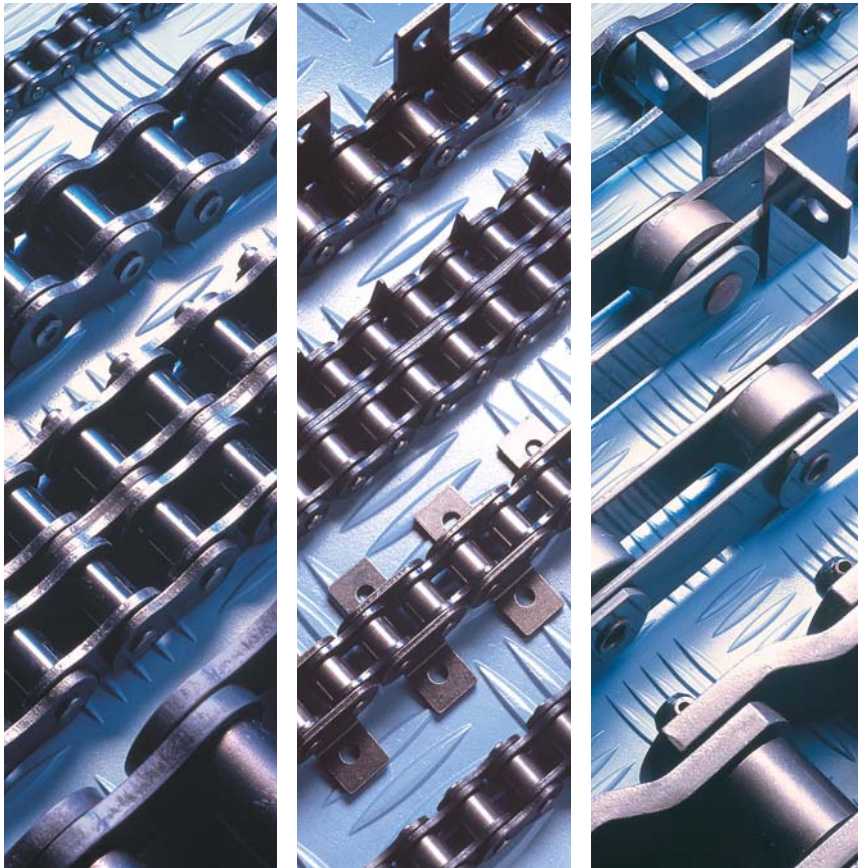
### Standards Reference Guide

#### Transmission Chain Types

	ISO	ANSI	OTHER
Short Pitch Transmission Chain and Sprockets	606	B29.1M	DIN8187 DIN8188
Short Pitch Bush Chains and Sprockets	1395		DIN8154
Double Pitch Roller Chain and Sprockets	1275	B29.3M	DIN8181
Oilfield Chain and Sprockets	606	B29.1M	API Spec 7F
Cycle Chains	9633		
Motorcycle Chains	10190		
Cranked Link Chain and Sprockets	3512	B29.1M	DIN8182

#### Lifting Chain Types

	ISO	ANSI	OTHER
Leaf Chain, Clevises and Sheaves	4347	B29.8M	DIN8152
Roller Load Chains for Overhead Hoists		B29.24M	



3



## Advantages of Chain Drives

Steel transmission roller chain is made to close tolerances with excellent joint articulation, permitting a smooth efficient flow of power. Any friction between the chain rollers and sprocket teeth is virtually eliminated because the rollers rotate on the outside of the bushes, independent of bearing pin articulation inside the bush. As a result, very little energy is wasted and tests have shown chain to have an efficiency of between 98.4% and 98.9%.

This high level of efficiency, achieved by a standard stock chain drive under the correct conditions of lubrication and installation, is equalled only by gears of the highest standard with teeth ground to very close tolerances.

Roller chain offers a positive, non-slip driving medium. It provides an accurate pitch by pitch positive drive which is essential on synchronised drives such as those to automobile and marine camshafts, packaging and printing machinery. Under conditions of high speed and peak load when efficiency is also required, the roller chain has proved consistently quiet and reliable.

Centre distances between shafts can range from 50mm up to more than 9 metres in a very compact installation envelope. Drives can be engineered so that the sprocket teeth just clear each other or so that a considerable span is traversed by the chain. In this later category, double pitch chain comes into its own.

Roller chain has a certain degree of inherent elasticity and this, plus the cushioning effect of an oil film in the chain joints, provides good shock absorbing properties. In addition, the load distribution between a chain and sprocket takes place over a number of teeth, which assists in reducing wear. When, after lengthy service, it becomes necessary to replace a chain, this is simple and does not normally entail sprocket or bearing removal.

Roller chain minimises loads on the drive motor and driven shaft bearings since no pre-load is required to tension the chain in the static condition.

One chain can drive several shafts simultaneously and in almost any configuration of centre distance or layout. Its adaptability is not limited to driving one or more shafts from a common drive point. It can be used for an infinite variety of devices including reciprocation, racks, cam motions, internal or external gearing, counterbalancing, hoisting or weight suspension. Segmental tooth or 'necklace' chain sprocket rims can be fitted to large diameter drums.

Since there are no elastomeric components involved, chain is tolerant of a wide variety of environmental conditions, including extremes of temperature. Chain is used successfully in such harsh environments as chemical processing, mining, baking, rock drilling and wood processing. Special coatings can easily be applied for further enhancement.

Roller chain can also be fitted with link plate attachments and extended bearing pins etc., which allow them to be used for mechanical handling equipment and the operation of mechanisms. These attachments are detailed in this catalogue.

Roller chain drives are available for ratios up to 9:1 and to transmit up to 520 kw at 550 r.p.m. Beyond this, four matched strands of triplex chain can achieve 3200 kw at 300 r.p.m.

Roller chain does not deteriorate with the passage of time, the only evidence of age being elongation due to wear which normally is gradual and can be accommodated by centre distance adjustment or by an adjustable jockey sprocket. Provided a chain drive is selected correctly, properly installed and maintained, a life of 15000 hours can be expected without chain failure either from fatigue or wear. Where complete reliability and long life are essential, chains can be selected on their assured performance for applications such as hoists for control rods in nuclear reactors and control systems for aircraft.

Chain is a highly standardised product available in accordance with ISO Standards all over the world. It is also totally recyclable and causes no harmful effects to the environment.

Shown below is a simple table comparing the merits of different transmission/lifting media.

### Summary of Advantages

FEATURE	GEARS	ROPE	BELT	CHAIN
EFFICIENCY	A	X	B	A
POSITIVE DRIVE	A	X	B	A
CENTRE DISTANCE	C	A	B	A
ELASTICITY	C	A	A	B
WEAR RESISTANCE	A	C	B	A
NO PRE-LOAD	A	C	C	A
MULTIPLE DRIVES	C	X	C	A
HEAT RESISTANT	B	B	C	A
CHEMICAL RESISTANT	B	A	C	A
OIL RESISTANT	A	A	C	A
ADAPTATIONS	C	B	C	A
POWER RANGE	A	X	B	A
EASE OF MAINTENANCE	C	B	B	A
STANDARDISED	C	B	B	A
ENVIRONMENT	A	A	C	A

A = EXCELLENT

C = POOR

B = GOOD

X = NOT APPROPRIATE

NOTE : To achieve the above ratings, different types of belt would be required.

The notes given below are general recommendations and should be followed in the selection and installation of a chain drive, in order that satisfactory performance and drive life may be ensured.

**Chain Pitch**

The Rating Charts (pages 107 and 108) give the alternative sizes of chains that may be used to transmit the load at a given speed. The smallest pitch of a simplex chain should be used, as this normally results in the most economical drive. If the simplex chain does not satisfy the requirements dictated by space limitations, high speed, quietness, or smoothness of running, then consider a smaller pitch of duplex or triplex chain.

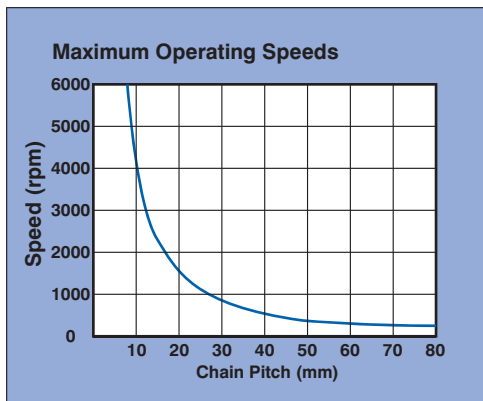
When the power requirement at a given speed is beyond the capacity of a single strand of chain, then the use of multistrand drives permits higher powers to be transmitted.

These drives can also be made up from multiples of matched simplex, duplex or triplex ISO chains or in the case of ANSI chain, multiplex chain up to decuplex (10 strands) are available.

Please consult our technical staff for further information.

**Maximum Operating Speeds**

For normal industrial drives, experience has established a maximum sprocket speed for each pitch of chain. These speeds, which relate to driver sprockets having 17 to 25 teeth inclusive, are given in the graph below; they are applicable only if the method of lubrication provided is in line with recommendations.

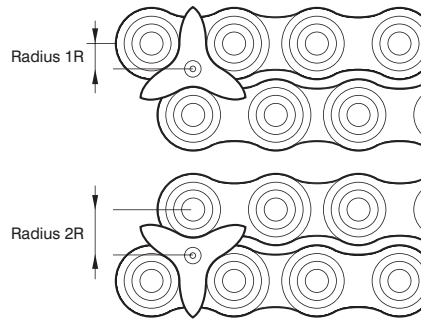


**Polygonal Effect**

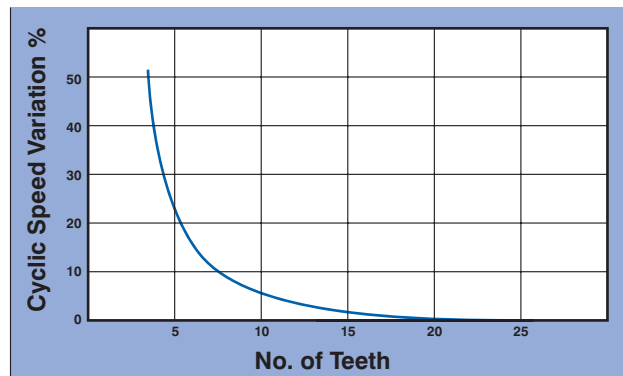
Four important advantages of a chain drive are dependent directly upon the number of teeth in the driver sprocket (Z1).

The advantages are smooth uniform flow of power, quietness of operation, high efficiency and long life, the reason for their dependence being that chain forms a polygon on the sprocket. Thus, when the sprocket speed is constant, the chain speed (due to the many sided shape of its path around the teeth) is subject to a regular cyclic variation. This cyclic variation becomes less marked as the path of the chain tends towards a true circle and in fact, becomes insignificant for most applications as the number of teeth in the driver sprocket exceeds 19.

The effect of this cyclic variation can be shown in the extreme case of a driver sprocket with the absolute minimum number of teeth, i.e. three. In this instance, for each revolution of the sprocket the chain is subjected to a three-phase cycle; each phase being associated with the engagement of a single tooth. As the tooth comes into engagement, for a sixth of a revolution the effective distance, or driving radius from the sprocket centre to the chain is gradually doubled; for the remaining sixth of a revolution, it falls back to its original position. Thus, as the linear speed of the chain is directly related to the effective driving radius of the driver sprocket, the chain speed fluctuates by 50% six times during each revolution of the driver sprocket.



As the graph below shows, the percentage of cyclic speed variation decreases rapidly as more teeth are added. With the driver sprocket of 19 teeth, therefore, this cyclic speed variation is negligible; hence we recommend that driver sprockets used in normal application drives running at medium to maximum speeds, should have not less than 19 teeth.



There are, however, applications where space saving is a vital design requirement and the speed/power conditions are such that the smaller numbers of teeth (i.e. below 17) give acceptable performance so that a compact, satisfactory drive is achieved, e.g. office machinery, hand operated drives, mechanisms, etc.

The limiting conditions with steady loading for using small numbers of teeth are:

No. of Teeth	Percentage of Maximum rated speed	Percentage of Maximum rated power
11	20	30
13	30	40
15	50	60
17	80	90

Most drives have an even number of pitches in the chain and by using a driver sprocket with an odd number of teeth, uniform wear distribution over both chain and sprocket teeth is ensured. Even numbers of teeth for both the driver and driven sprockets can be used, but wear distribution on both the sprocket teeth and chain is poor.

### Number of Teeth

The maximum number of teeth in any driven sprocket (Z2) should not exceed 114. This limitation is due to the fact that for a given elongation of chain due to wear, the working pitch diameter of the chain on the sprocket increases in relation to the nominal pitch diameter, i.e. the chain assumes a higher position on the sprocket tooth. The allowable safe chain wear is considered to be in the order of 2% elongation over nominal length.

A simple formula for determining how much chain elongation a sprocket can accommodate is  $\frac{200}{N}$

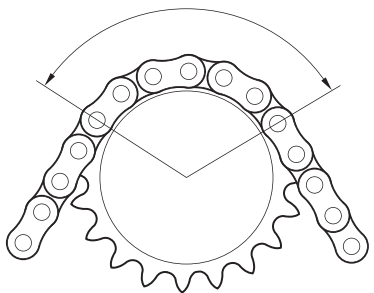
expressed as a percentage where N is the number of teeth on the largest sprocket in the drive system.

It is good practice to have the sum of teeth not less than 50 where both the driver and driven sprockets are operated by the same chain, e.g. on a 1:1 ratio drive, both sprockets should have 25 teeth each.

### Centre Distance

For optimum wear life, centre distance between two sprockets should normally be within the range 30 to 50 times the chain pitch. On drive proposals with centre distances below 30 pitches or greater than 2m, we would recommend that the drive details are discussed with our technical staff.

The minimum centre distance is sometimes governed by the amount of chain lap on the driver sprocket, our normal recommendation in this circumstance being not less than 6 teeth in engagement with the chain.



Minimum 6 teeth

The centre distance is also governed by the desirability of using a chain with an even number of pitches to avoid the use of a cranked link, a practice that is not recommended except in special circumstances.

For a drive in the horizontal plane the shortest centre distance possible should be used consonant with recommended chain lap on the driver sprocket.

Formulae for the calculation of chain length and centre distance for two-point drives are given on page 105.

Recommended centre distances for drives are:

Pitch	Inch	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4
	mm	9.525	12.70	15.87	19.05	25.40	31.75

Centre

Distance mm 450 600 750 900 1000 1200

Pitch	Inch	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3
	mm	38.1	44.45	50.80	63.50	76.20

Centre

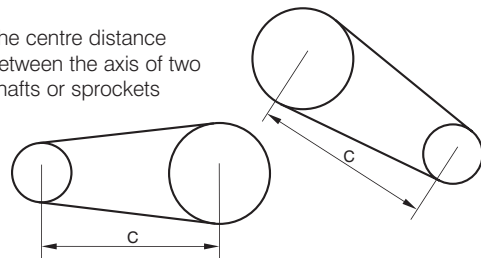
Distance mm 1350 1500 1700 1800 2000

### Lie of Drive

Drives may be arranged to run horizontally, inclined or vertically. In general, the loaded strand of the chain may be uppermost or lowermost as desired. Where the lie of the drive is vertical, or nearly so, it is preferable for the driver sprocket (Z1) to be above the driven sprocket (Z2); however, even with a drive of vertical lie it is quite feasible for the driver sprocket to be lowermost, provided care is taken that correct chain adjustment is maintained at all times.

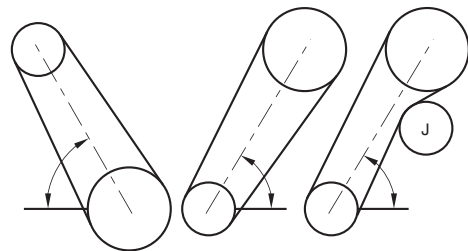
#### CENTRES

The centre distance between the axis of two shafts or sprockets



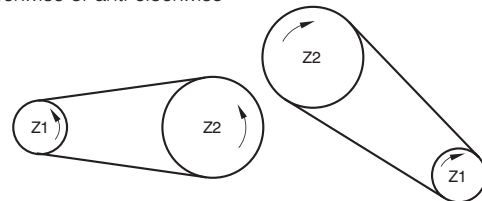
#### ANGLE

The lie of the drive is given by the angle formed by the line through the shaft centres and a horizontal line.



#### ROTATION

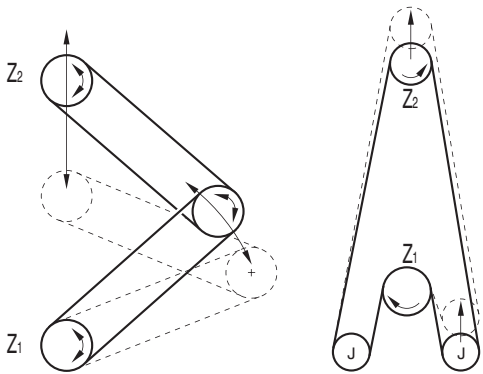
Viewed along the axis of the driven shaft the rotation can be clockwise or anti-clockwise



One chain can be used for driving a number of shafts and due to the ability of roller chains to gear on either face, individual shafts in the same drive can be made to rotate in the same or opposite directions by arranging the driven sprockets to gear in different faces of the chain. The number of driven sprockets permissible in any one drive depends on the layout.

A selection of possible drive layouts is shown below.

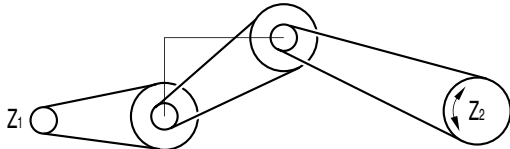
**DRIVES WITH VARIABLE SHAFT POSITIONS**



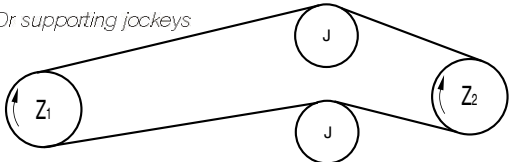
*Floating countershaft and floating jockey*  
**CHAIN LAP** - Recommended  $120^\circ$ . Minimum of  $90^\circ$  permissible for sprockets of 27 teeth or over.  
**CENTRES** - Pitch of chain multiplied by 30 to 50.

**DRIVES WITH ABNORMALLY LONG CENTRES**

*Could incorporate countershafts*

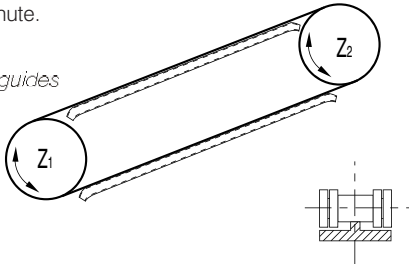


*Or supporting jockeys*



For slow and medium chain speed applications up to 150 metres per minute.

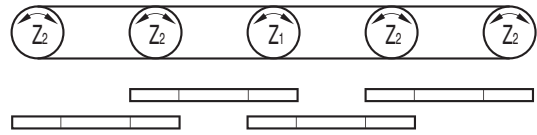
*Or supporting guides*



For applications where countershafts or supporting jockeys cannot be employed and where the chain speed does not exceed 60 metres per minute.

**MULTI-SHAFT DRIVES**

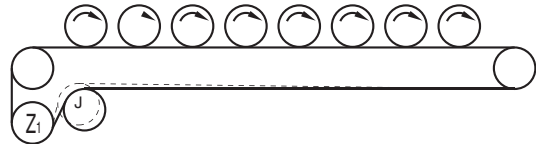
The permissible number of driven shafts will vary according to drive characteristics.



*Five sprockets coupled by four simple drives.*

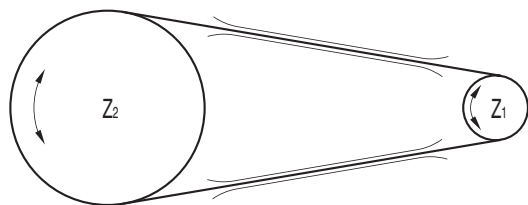
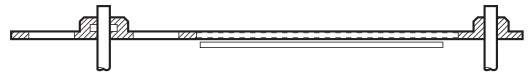
Whilst the efficiency of a single stage drive is approximately 98%, where a series of drives are interconnected as in live roller conveyors, the overall efficiency will vary with the number of drives involved. It is necessary in applications of this nature to increase the calculated motor power to allow for this reduced efficiency.

- 4 drives overall efficiency = 94%
- 8 drives overall efficiency = 87%
- 12 drives overall efficiency = 80%



*Eight shafts rotated by a single chain with high efficiency but reduced tooth contact.*  
 The jockey is used to ensure adequate chain lap on the driven sprockets.

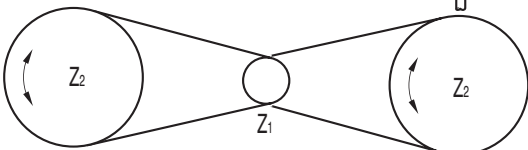
**HORIZONTAL DRIVES**



Plan

*Two shafts vertically mounted*

When centres are long, use guide strips to support chain strands with generous 'lead-in' to ensure smooth entry and exit of chain.



Plan

*Three shafts vertically mounted*  
**CHAIN LAP** - Recommended  $120^\circ$ . Minimum of  $90^\circ$  permissible for sprockets of 27 teeth or over.  
**CENTRES** - Shortest possible.

## Introduction

Chain selected using this method will have a minimum life expectancy with proper installation and lubrication of 15000 hours.

## Warning

The rating charts page 107 and page 108 exceed the minimum standards and selection of chain using the figures quoted in this section is only valid for RENOLD CHAIN.

**Use our interactive Chain Selector on [www.renold.com](http://www.renold.com).**

## Symbols, Terms and Units

Z1	= Number of teeth on drive sprocket.
Z2	= Number of teeth on driven sprocket.
C	= Centre distance (mm).
P	= Chain pitch (mm).
i	= Drive ratio.
L	= Chain length (pitches).

In order to select a chain drive the following essential information must be known:

- The power in kilowatts to be transmitted.
- The speed of the driving and driven shafts.
- The characteristics of the drive.
- Centre distance.

From this base information the selection power to be applied to the ratings chart is derived.

## Selection Summary

		Page
<b>1</b>	Select drive ratio and sprockets Z1 = 19 teeth minimum	<b>103</b>
<b>2</b>	Establish selection application factors f1 takes account of dynamic loads  Tooth factor f2 (19/Z1)	<b>104</b>
<b>3</b>	Calculate selection power = power x f1 x f2 (kw)	<b>105</b>
<b>4</b>	Select chain drive Use rating charts	<b>105</b> <b>107-108</b>
<b>5</b>	Calculate chain length using formulae	<b>105</b>
<b>6</b>	Calculate exact centre distance	<b>105</b>
<b>FINALLY</b>	Choose lubrication method	<b>109</b>

## 1

## Select Drive and Ratio

# Selection Method

Chart 1 may be used to choose a ratio based on the standard sprocket sizes available. It is best to use an odd number of teeth combined with an even number of chain pitches.

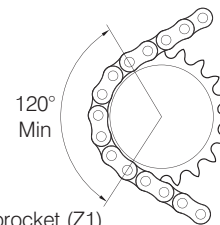
Ideally, chain sprockets with a minimum of 19 teeth should be chosen. If the chain drive operates at high speed or is subjected to impulsive loads, the smaller sprockets should have at least 25 teeth and should be hardened.

It is recommended that chain sprockets should have a maximum of 114 teeth.

Drive ratio can otherwise be calculated using the formula:

$$i = \frac{Z2}{Z1}$$

For large ratio drives, check that the angle of lap on Z1 is not less than 120 degrees.



Driver Sprocket (Z1)

SELECT DRIVE RATIO AND SPROCKETS -

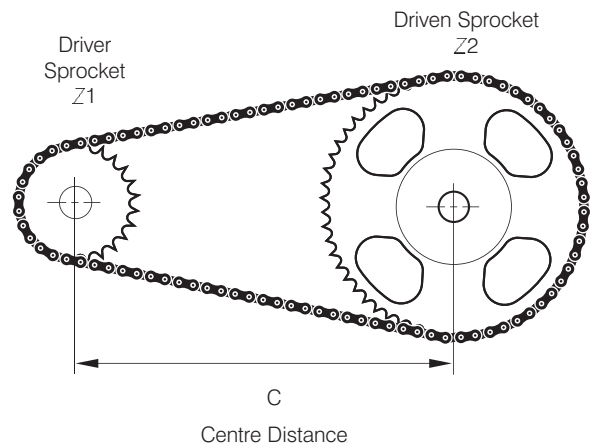
$$\frac{Z2}{Z1}$$

## Chain Reduction Ratios to One Using Preferred Sprockets

Chart 1

No. of Teeth Driven Sprocket Z2	No. of Teeth Drive Sprocket Z1					
	15	17	19	21	23	25
25	-	-	-	-	-	1.00
38	2.53	2.23	2.00	1.80	1.65	1.52
57	3.80	3.35	3.00	2.71	2.48	2.28
76	5.07	4.47	4.00	3.62	3.30	3.04
95	6.33	5.59	5.00	4.52	4.13	3.80
114	7.60	6.70	6.00	5.43	4.96	4.56

**FOR RECOMMENDED CENTRE DISTANCES SEE PAGE 103**



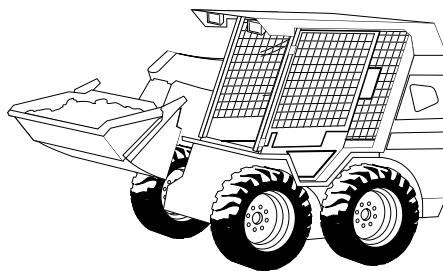
Centre Distance

## 2 Establish Selection Factors

The following factors will be used later on to determine the selection power.

### Application Factor f1

Factor f1 takes account of any dynamic overloads depending on the chain operating conditions. The value of factor f1 can be chosen directly or by analogy using chart 2.



## 3

Chart 2

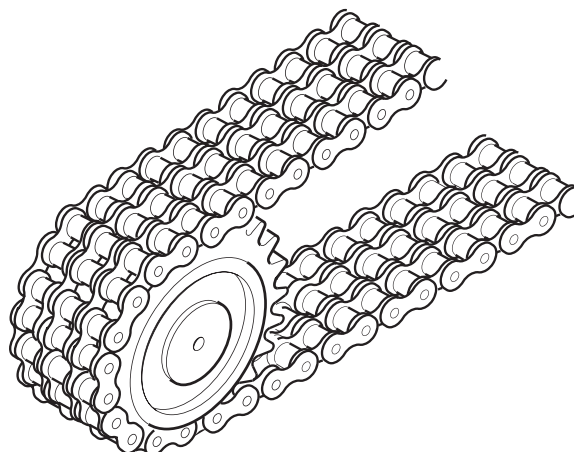
DRIVEN MACHINE CHARACTERISTICS		CHARACTERISTICS OF DRIVER		
		SMOOTH RUNNING Electric Motors, Steam and Gas Turbines, Internal Combustion Engines with Hydraulic coupling	SLIGHT SHOCKS Internal Combustion Engines with 6 cyls or more with mechanical Coupling, Electric Motors with frequent starts	MODERATE SHOCKS Internal Combustion Engines with less than 6 cyls, with mechanical coupling
SMOOTH RUNNING	Centrifugal Pumps and Compressors, Printing Machines, Paper Calanders, Uniformly Loaded Conveyors, Escalators, Liquid Agitators and Mixers, Rotary Driers, Fans	1	1.1	1.3
MODERATE SHOCKS	Pumps and Compressors (3+ cyls), Concrete Mixing Machines, Non uniformly Loaded Conveyors, Solid Agitators and Mixers	1.4	1.5	1.7
HEAVY SHOCKS	Planers, Excavators, Roll and Ball Mills, Rubber Processing Machines, Presses and Shears 1 & 2 Cyl Pumps and Compressors, Oil Drilling Rigs	1.8	1.9	2.1

### Tooth Factor f2

The use of a tooth factor further modifies the final power selection. The choice of a smaller diameter sprocket will reduce the maximum power capable of being transmitted since the load in the chain will be higher.

Tooth factor f2 is calculated using the formula  $f2 = \frac{19}{Z1}$

Note that this formula arises due to the fact that selection rating curves shown in the rating charts (see pages 107 and 108) are those for a 19 tooth sprocket.



f2 factors for standard sprocket sizes

Z1	f2
15	1.27
17	1.12
19	1.00
21	0.91
23	0.83
25	0.76

### 3 Calculate The Selection Power

Multiply the power to be transmitted by the factors obtained from STEP TWO.

Selection POWER = POWER to be transmitted x f1 x f2 (kw).

This selection power can now be used with the appropriate rating chart, see pages 107 and 108.

### 4 Select Chain Drive

From the rating chart, select the smallest pitch of simplex chain to transmit the SELECTION POWER at the speed of the driving sprocket Z1.

This normally results in the most economical drive selection. If the SELECTION POWER is now greater than that shown for the simplex chain, then consider a multiplex chain of the same pitch size as detailed in the ratings chart.

### 5 Calculate Chain Length

To find the chain length in pitches (L) for any contemplated centre distance of a two point drive, use the formula below:

$$\text{Length (L)} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2C}{P} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{2P}\right)^2 \times P}{C}$$

The calculated number of pitches should be rounded up to a whole number of even pitches. Odd numbers of pitches should be avoided because this would involve the use of a cranked link which is not recommended. If a jockey sprocket is used for adjustment purposes, two pitches should be added to the chain length (L).

C is the contemplated centre distance in mm and should generally be between 30 - 50 pitches.

e.g. for 1 1/2 " pitch chain C = 1.5 x 25.4 x 40 = 1524mm.

### 6 Calculate Exact Centre Distance

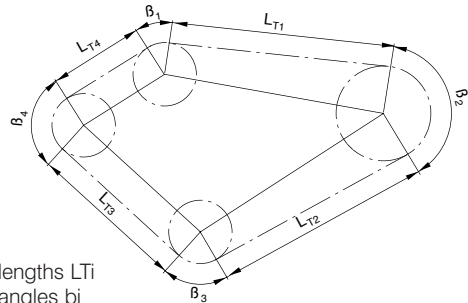
The actual centre distance for the chain length (L) calculated by the method above, will in general be greater than that originally contemplated. The revised centre distance can be calculated from the formula below.

$$C = \frac{P}{8} \left[ 2L - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2L - Z_2 - Z_1)^2 - \left(\frac{\pi}{3.88}\right) (Z_2 - Z_1)^2} \right]$$

Where P = Chain pitch (mm)  
L = Chain length (pitches)  
Z1 = Number of teeth in driver sprocket  
Z2 = Number of teeth in driven sprocket

### Drive with Multiple Sprockets

When designing a drive with multiple sprockets, the chain length calculation becomes more complicated. Most CAD systems, however, can be used to calculate chain length by wrapping a polyline around the PCD's of each sprocket. A scale manual drawing could also give a fairly accurate result as follows:



Measure lengths L<sub>Ti</sub>  
Measure angles beta<sub>i</sub>

The theoretical length in pitches can now be calculated by the addition of all LT and b values using the following formula. Where:

P = the chain pitch  
Z<sub>i</sub> = the number of teeth

$$\text{Number of pitches} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^{i=n} L_{Ti} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\beta_i Z_i}{360^\circ}$$

This calculation method can also be applied on drives where the chain is driven on guide rails or around jockey sprockets. These should be considered as ordinary sprockets.

### Sprockets for Transmission Chain

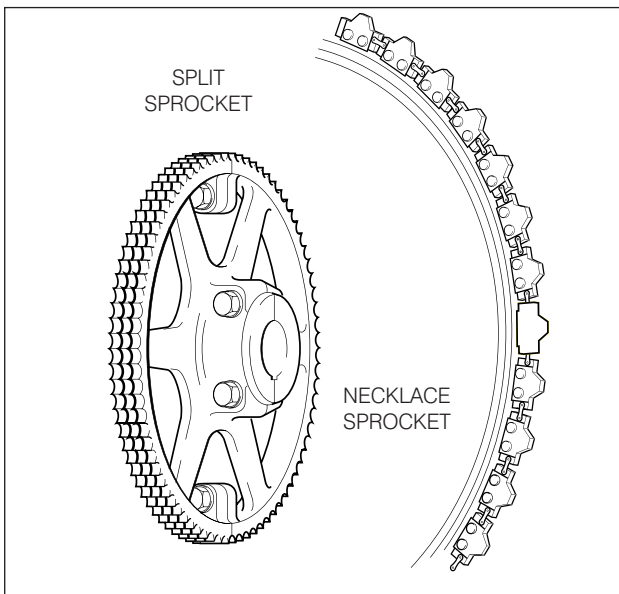
Renold manufacture a comprehensive range of stock sprockets for European standard chains up to 2 inch pitch.

Other sizes of sprocket, including those to American standard dimensions, are available on request.

Special sprockets are also manufactured on request, in special materials or formats, normally to suit a specific application in harsh or difficult drive situations, examples being:

- Sprockets incorporating shafts.
- Welded or detachable hubs.
- Shear pin devices fitted.
- Necklace sprockets made up of chain plates and individual tooth sections for turning large drums or tables.
- Combination sprockets (two or more sprockets combined having different pitch sizes and numbers of teeth).
- Sprockets in two or more sections, ie split sprockets or segmental sprockets.

Examples of two typical special sprockets.



**Selection of Sprocket Materials**

Choice of material and heat treatment will depend upon shape, diameter and mass of the sprocket. The table below can be used as a simple guide on the correct selection of sprocket material.

SPROCKET	SMOOTH RUNNING	MODERATE SHOCKS	HEAVY SHOCKS
UP TO 29T	EN8 or EN9	EN8 or EN9 Hardened and Tempered or Case Hardened Mild Steel	EN8 or EN9 Hardened and Tempered or Case Hardened Mild Steel
30T AND OVER	Cast Iron	Mild Steel or Meehanite	EN8 or EN9 Hardened and Tempered or Case Hardened Mild Steel

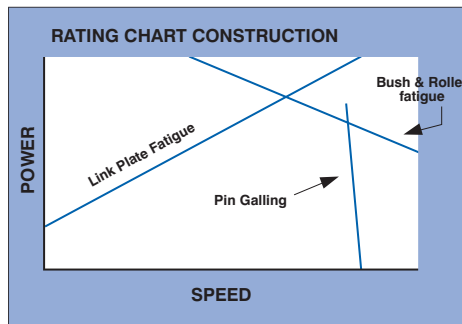
**Kilowatt ratings, for European and ANSI chains, shown in the ratings charts on pages 103 and 104 are based on the following conditions:-**

- service factor of 1.
- wheel centre distance of 30 to 50 times the chain pitch.
- speed of driver sprocket (Z1) whether on the driving or driven shaft.
- two sprocket drive arrangement.
- adjustment by centre distance or jockey on unloaded strand.
- riveted endless chain (press fit connector).
- correct lubrication.
- accurate shaft/sprocket alignment.

**Under these conditions a service life of approximately 15,000 hours can ordinarily be expected when the chain operates under full rating. The kilowatt ratings for multiple strand European chains up to triplex are given respectively in columns 2 and 3, for ANSI chains up to quadruplex in columns 2, 3 and 4.**

**Rating Chart Construction**

The rating charts at first sight look complicated, however, they are constructed from 3 simple lines. From this it may be seen that at lower speeds the failure mode is likely to be plate fatigue if the maximum power recommendation is exceeded. However, pin galling will occur due to boundary lubrication break down at very high speeds. At the intersection of these lines the bush and roller fatigue curve comes into play and accounts for the rounded tops to each of the selection curves.



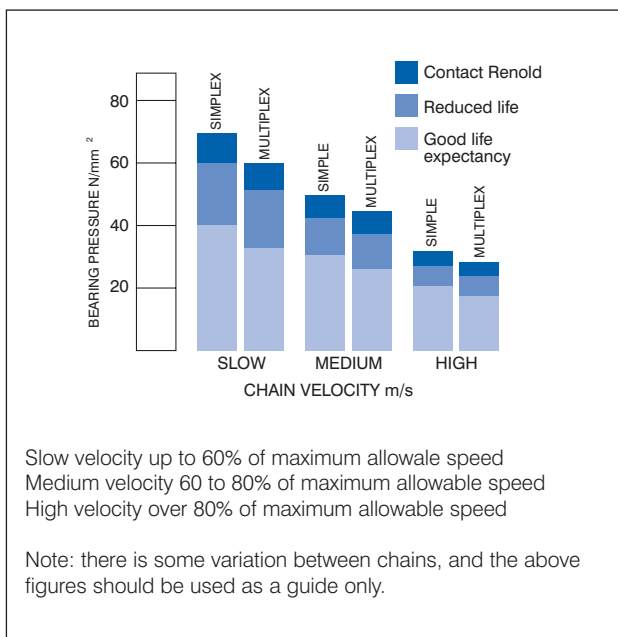
**Bearing Pressures**

When a chain has been correctly selected, the mode of failure over a very long period of time is most likely to be wear.

The subject of wear, which depends on many factors, has been addressed earlier in this guide, however, a very useful indicator of the likely wear performance is the magnitude of pressure between the key mating surfaces i.e. pin and bush.

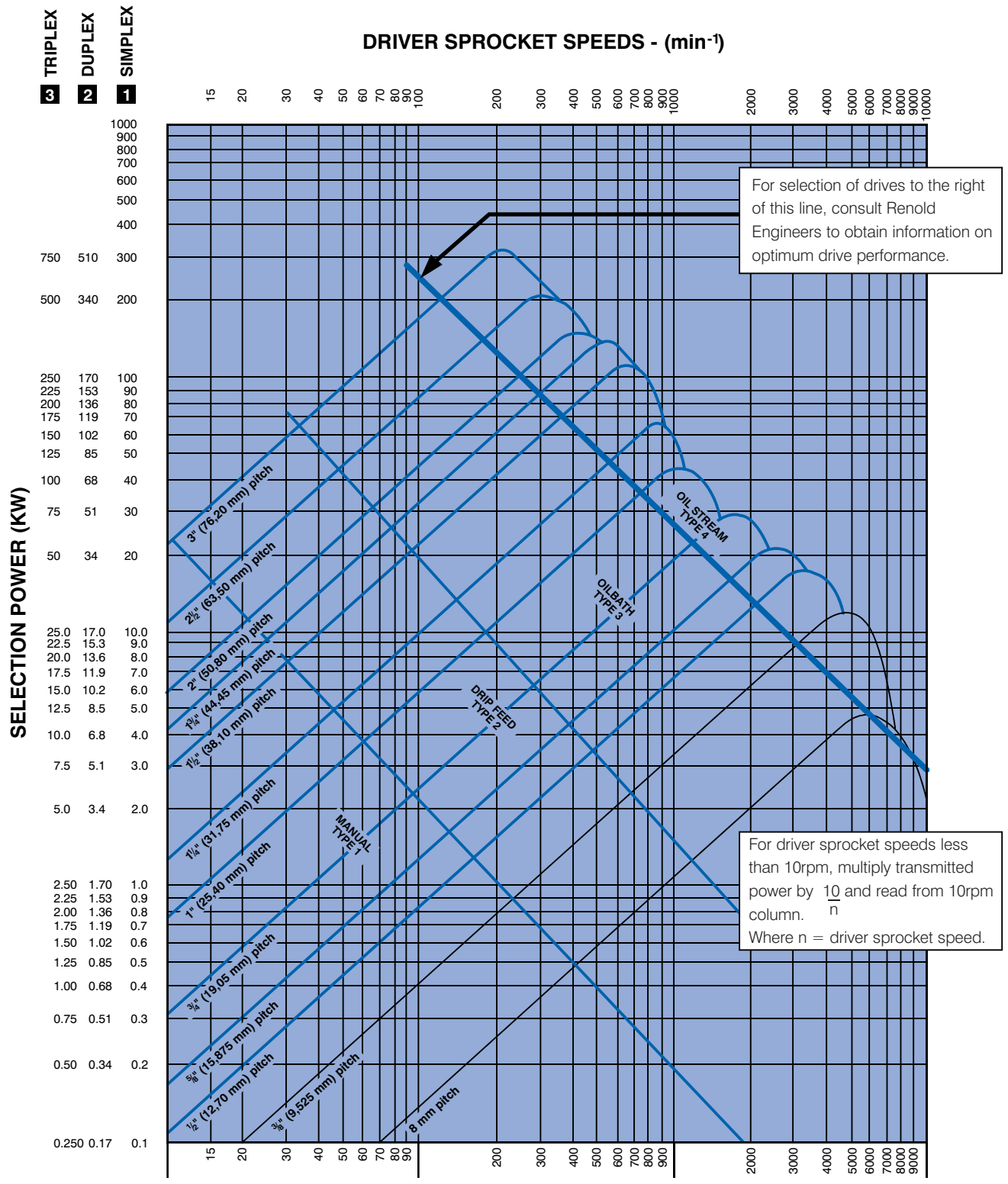
This pressure is known as the bearing pressure and is obtained by dividing the working load by the bearing area. Bearing areas for standard chains are quoted in the designer data at the end of this guide.

The following table gives an indication of the implications of various bearing pressures but should not be used without reference to the other chain selection methods given in this guide.





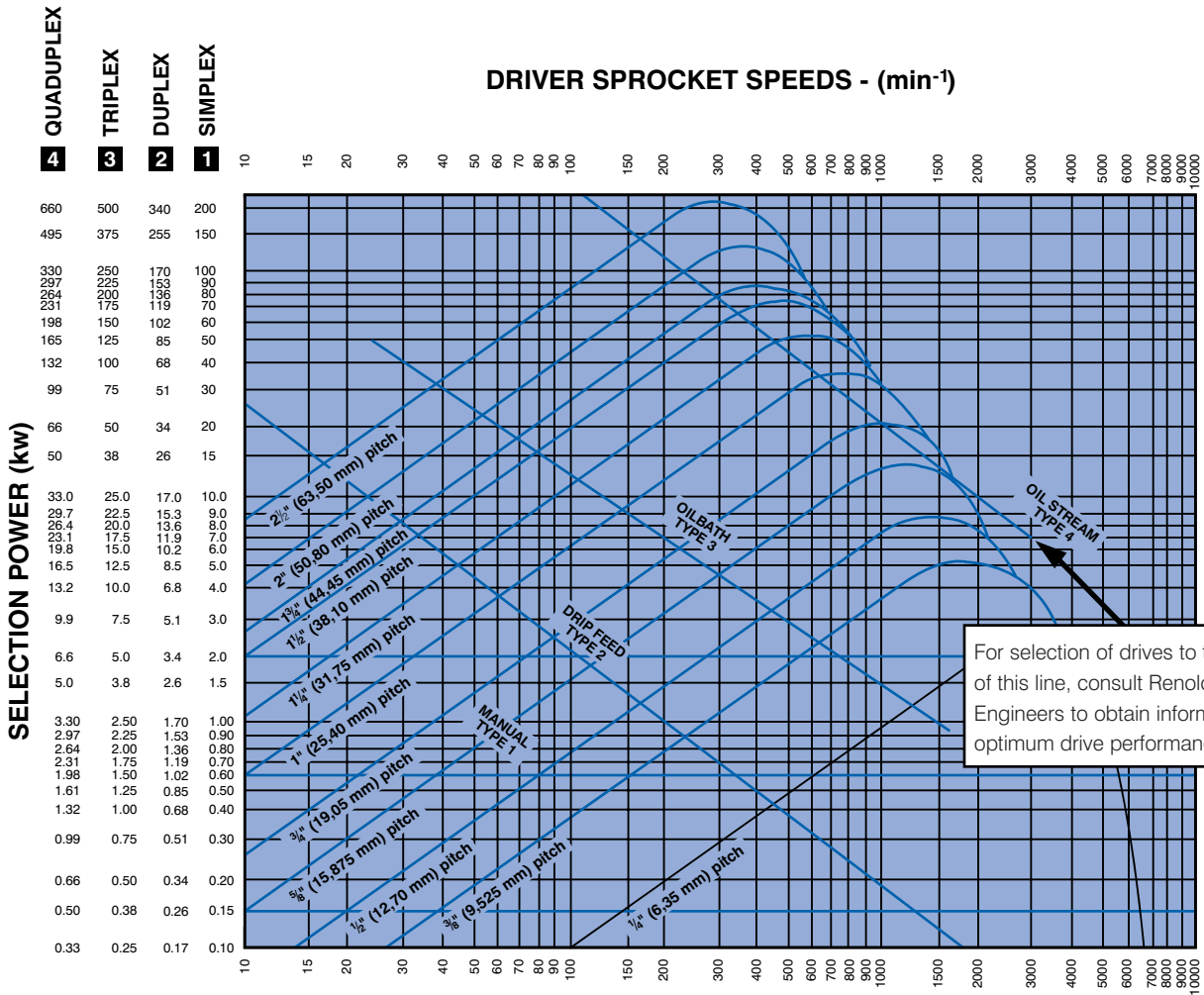
EUROPEAN STANDARD CHAIN DRIVES  
Rating Chart using 19T Driver Sprocket



3

1 Kilowatt = 1.34 hp.

**AMERICAN STANDARD CHAIN DRIVES**  
Rating Chart using 19T Driver Sprocket



**Transmission Equations**

The following equations give the relationships between power, torque and velocity for various drive arrangements.

Torque  $M_d = \frac{F_1 \cdot d_1}{2000}$  or  $\frac{9550 \cdot P_r}{n_1}$  (Nm)

Power  $P_r = \frac{M_d \cdot n_1}{9550}$  or  $\frac{F_1 \cdot v}{1000}$  (kw)

Force  $F_1 = \frac{1000 \cdot P_r}{v}$  or  $\frac{2000 \cdot M_d}{d_1}$  (N)

Velocity  $v = \frac{n_1 \cdot Z_1 \cdot P}{60000}$  (m/s)

Where:

- $M_d$  = Torque of the driver sprocket Nm
- $P_r$  = Power kW
- $d_1$  = Pitch circle diameter of the driver sprocket in mm
- $n_1$  = Driver sprocket speed rpm
- $Z_1$  = Number of teeth in the driver sprocket
- $Z_2$  = Number of teeth in the driven sprocket
- $v$  = Linear speed of the chain m/s
- $F_1$  = Chain pull N
- $P$  = Pitch of the chain mm

**Centripetal Acceleration**

Centripetal acceleration affecting parts of the chain engaged on the sprockets is determined by:

$$F_2 = q \cdot v^2 \text{ (N)}$$

Where:

- $F_2$  = Force in N
- $q$  = Mass of the chain in kg/m

From this formula we can see that at high speed, this force is not negligible and is the main reason for speed limitation.

The force acting between one link and the next due to the mass of the chain is small and is internally balanced within the chain. This will do no more than cause the chain to adopt a sagging catenary shape between the sprockets.

Allowance will need to be made in the installation for the slightly different postures adopted by the chain between zero and maximum load.

## Lubrication

Chain drives should be protected against dirt and moisture and be lubricated with good quality non-detergent mineral based oil. A periodic change of oil is desirable. Heavy oils and greases are generally too stiff to enter the chain working surfaces and should not be used.

Care must be taken to ensure that the lubricant reaches the bearing areas of the chain. This can be done by directing the oil into the clearances between the inner and outer link plates, preferably at the point where the chain enters the sprocket on the bottom strand.

The table below indicates the correct lubricant viscosity for various ambient temperatures.

Ambient Temperature	Lubricant Rating	
Celsius	SAE	BS4231
-5 to +5	20	46 to 68
5 to 40	30	100
40 to 50	40	150 to 220
50 to 60	50	320

For the majority of applications in the above temperature range, a multigrade SAE 20/50 oil would be suitable.

### Use of Grease

As mentioned above, the use of grease is not recommended. However, if grease lubrication is essential, the following points should be noted:

- Limit chain speed to 4 m/s.
- Applying normal greases to the outside surfaces of a chain only seals the bearing surfaces and will not work into them. This causes premature failure. Grease has to be heated until fluid and the chain is immersed and allowed to soak until all air bubbles cease to rise. If this system is used, the chains need regular cleaning and regreasing at intervals depending on the drives' power and speed. It should also be noted that temperatures above 80°C will cause damage to many greases and reduce their effectiveness.

### Abnormal Ambient Temperatures

For elevated temperatures up to 250°C, dry lubricants such as colloidal graphite or  $MoS_2$  in white spirit or poly-alkaline glycol carriers are most suitable.

Conversely, at low temperatures between -5°C and -40°C, special low temperature initial greases and subsequent oil lubricants are necessary. Lubricant suppliers will give recommendations.

## Lubricating Methods

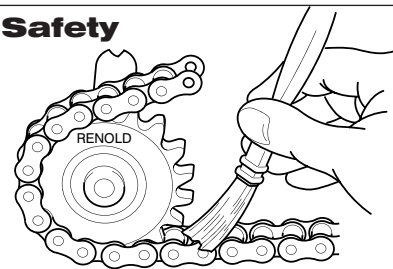
There are four basic methods for lubricating chain drives. The recommended lubrication method is based on the chain speed and power transmitted and can be found in the rating charts (see pages 107 and 108).

### TYPE 1, Manual Operation

Oil is applied periodically with a brush or oil can, preferably once every 8 hours of operation. Volume and frequency should be sufficient to just keep the chain wet with oil and allow penetration of clean lubricant into the chain joints.

### Health and Safety

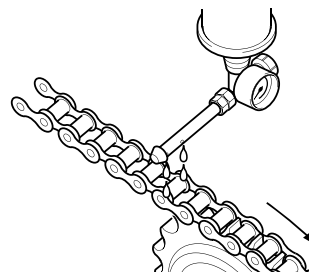
Ensure all machinery is stationary and isolated, prior to applying any lubricant - carefully following machine manufacturers instructions.



Applying lubricant by aerosol is also a satisfactory method, but it is important that the aerosol lubricant is of an approved type for the application, such as that supplied by Renold. This type of lubricant "winds" in to the pin/bush/roller clearances, resisting both the tendency to drip or drain when the chain is stationary and centrifugal "flinging" when the chain is moving.

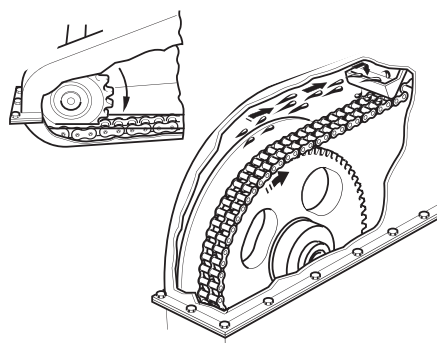
### TYPE 2, Drip Lubrication

Oil drips are directed between the link plate edges from a drip lubricator. Volume and frequency should be sufficient to allow penetration of lubricant into the chain joints.



### TYPE 3, Bath or Disc Lubrication

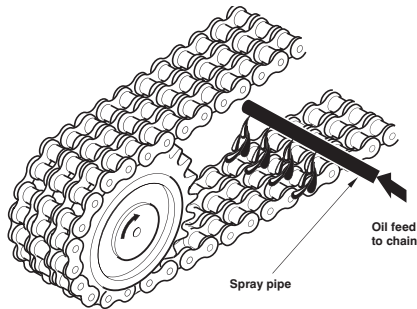
With oil bath lubrication the lower strand of chain runs through a sump of oil in the drive housing. The oil level should cover the chain at its lowest point whilst operating.



With slinger disc lubrication an oil bath is used, but the chain operates above the oil level. A disc picks up oil from the sump and deposits it on the chain by means of deflection plates. When such discs are employed they should be designed to have peripheral speeds between 180 to 2440 m/min.

#### TYPE 4, Stream Lubrication

A continuous supply of oil from a circulating pump or central lubricating system is directed onto the chain. It is important to ensure that the spray holes from which the oil emerges are in line with the chain edges. The spray pipe should be positioned so that the oil is delivered onto the chain just before it engages with the driver sprocket.



This ensures that the lubricant is centrifuged through the chain and assists in cushioning roller impact on the sprocket teeth. Stream lubrication also provides effective cooling and impact damping at high speeds.

#### Effect of Temperature

An important factor to control in a drive system is the chain and chaincase temperatures during operation. Depending on the severity of the drive service, continuity of use, etc., special attention to the lubrication method may be required.

Chain temperatures above 100°C should be avoided if possible due to lubrication limitations, although chain can generally give acceptable performance up to around 250°C in some circumstances. A way of improving the effectiveness of the lubrication and its cooling effect is to increase the oil volume (up to 4.5 litres per minute per chain strand) and incorporate a method of external cooling for the oil.

## Lifting Applications

This section covers applications such as lifting and moving, where the loads involved are generally static. Obviously, dynamic loads are also involved in most applications and the designer needs to take due consideration of these. The machinery designer should also refer to DTI Publication INDY J1898 40M which summarises legislation in place from 1st January 1993 and 1st January 1995 regarding machinery product standards.

Chain for lifting applications falls into 2 main categories:

- Leaf Chains.
- Bush/Roller Chains.

### Leaf Chain

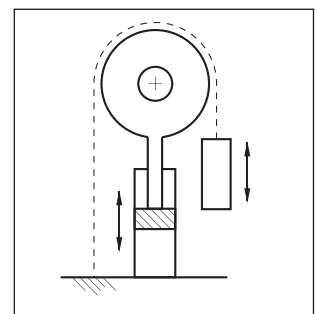
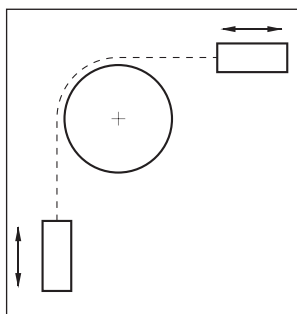
Leaf chain is generally used for load balancing type lifting applications as illustrated below. They must be anchored at either end since there is no means of geared engagement in the chain itself.

#### Safety Factors

A safety factor of 7:1 is normal for steady duty reciprocating motion, e.g. fork lift trucks. For medium shock loads, 9:1 and for heavy shock loads, 11:1.

#### Operating Speed

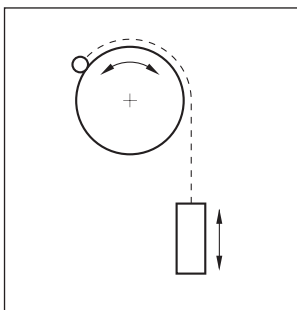
Applications should not exceed a maximum chain speed of 30 metres/min.



#### Applications

1. Machine Tools - Planers, Drills, Milling Heads, Machine Centres.

2. Fork Lift Trucks, Lifts, Hoists.



3. Counterweight Balances - Jacks, Doors, Gates etc.

Bush and roller chains can be used for lifting and moving purposes and have the advantage over leaf chain in that they may be geared into a suitable driving sprocket. Roller chain has a better wear resistance than leaf chain and may be used at higher speeds.

### Safety Factors

Applications vary widely in the nature of loads applied and it is therefore recommended that factors of safety are applied which allow for some degree of abuse.

A factor of safety of 8:1 in non-passenger applications  
A factor of safety of 10:1 in passenger applications

Lower factors of safety than these may be used (except for passenger applications), where careful consideration of the maximum loads and health and safety implications have been made. For comments on this see the section 'Influences on chain life'.

### Operating Speeds

Applications should not normally exceed a maximum chain speed of 45 metres/min. For speeds higher than this, consider selection as if the chain were in a power transmission application converting the chain load to power using the following formula:

$$\text{POWER} = FV \text{ (kw)}$$

Where: F = Load KN  
V = Velocity of chain (m/s)

Then apply selection power factors as shown in step 2 of 'DRIVE SELECTION'.

Calculate equivalent RPM by using the smallest sprocket in the system where speed =  $\frac{60000V}{PZ}$

Where: P = Chain Pitch (mm)  
Z = No of Teeth in Sprocket

Select lubrication methods also from the selection chart.

### ANSI Xtra Range

Transmission chain is also available in heavy duty versions of the ANSI standard range of chain.

These chains are suitable where frequent or impulsive load reversals are involved. Typical applications are in primary industries such as mining, quarrying, rock drilling, forestry and construction machinery.

In order to accommodate these higher fatigue inducing loads, material for inner and outer plates is increased in thickness by approximately 20%.

This modification does not improve the tensile strength since the pin then becomes the weakest component. However, heavy duty chains with higher tensile strength are available. This is achieved by through hardening instead of case hardening the pin, but unfortunately this action reduces wear performance due to the lower pin hardness.

Renold ANSI XTRA chains are available as follows:

XTRA H RANGE	- Thicker plates
XTRA V RANGE	- Through hardened pins
XTRA HV RANGE	- Thicker plates and through hardened pins

The H and HV chains are not suitable or appropriate for high speed transmission applications.

The following points should also be noted:

- The V range of chains are totally interchangeable with standard ANSI chain.
- Simple chains of standard, H or HV designs all have identical gearing dimensions and therefore can operate on the same sprockets as for standard chains. The thicker plates will require a larger chain track and it may be desirable to use sprockets with heat treated teeth. Multiplex chain requires an increased transverse pitch of the teeth but other gearing dimensions are the same.
- The only reason to use H or HV chains is where fatigue life is a problem. We do not make any cranked (offset) links or slip-fit connecting links for this range, since these have a lower fatigue resistance.
- Detachable (cottered) versions can be produced if required as could triplex or wider chains.

### Influences on Chain Life

#### Factors of Safety

All Renold chain is specified by its minimum tensile strength. To obtain a design working load it is necessary to apply a 'FACTOR OF SAFETY' to the breaking load. However, before considering this, the following points should be noted:

- Most chain side plates are manufactured from low to medium carbon steel and are sized to ensure they have adequate strength and also ductility to resist shock loading.
- These steels have yield strengths around 65% of their ultimate tensile strength. What this means is that if chains are subjected to loads of greater than this, depending upon the material used in the side plates, then permanent pitch extension will occur.
- Most applications are subjected to transient dynamic loads well in excess of the maximum static load and usually greater than the designer's estimate.
- Motors, for example, are capable of up to 200% full load torque output for a short period.

The consequences of these points are that chain confidently selected with a factor of safety of 8:1 on breaking load is, in effect, operating with a factor of safety of around 5:1 on yield and much less than this when the instantaneous overload on the drive is considered.

Safety Factors			
Axial breaking force/max working load	12	Harsh Environments	Safety Critical
	11		
	10	Passenger Lifts	
	9	Transmission	
	8		
	7		
	6	High Cycle Lifting	
	5	Low Cycle Lifting	
	4		
	3		
	2	Not Normally Used	
	1		

A further consideration when applying a factor of safety to a chain application is the required chain life.

In a properly maintained application a life of 8,000,000 cycles or 15,000 hours, whichever comes first, is normal. Wear will be the usual mode of failure.

In applications where low factors of safety are required, the life will reduce accordingly.

The maximum working load is obtained by dividing the chain minimum tensile strength by the factor of safety.

The table below gives a rough indication of life for various factors of safety.

FACTOR		CYCLES MAXIMUM	TYPE OF APPLICATION
SIMPLE	MULTIPLEX		
5.0	6.0	1,000,000	Dynamic load does not exceed working load
6.0	7.2	2,000,000	
8.0	8.0	8,000,000	
10.0	10.0	8,000,000	Dynamic loads can occasionally exceed working load by 20% All Passenger Lifts

It should be noted that at factors below 8:1, bearing pressures increase above the maximum recommended, with the result that increased wear will arise unless special attention is taken with lubrication, e.g.:

- More frequent lubrication.
- Higher performance lubricants.
- Better methods of applying lubrication.

### Important Note

For factors of 5:1 the resulting bearing pressure is 50% higher than recommended and chain working under these conditions will wear prematurely, whatever type of lubrication regime is used.

### Harsh Environments

In anything other than a clean and well lubricated environment, the factor of safety should be adjusted if some detriment to the working life of the chain is to be avoided. Low temperatures will also decrease working life, especially if shock loads are involved.

The following tables give a general guide to the appropriate safety factors for different applications for a target life of 8,000,000 cycles.

Cleanliness			
Lubrication	Clean	Moderately Clean	Dirty/Abrasive
Regular	8	10	12
Occasional	10	12	14
None	12	12	14

Temperature (Celsius)			
Lubrication	+10 to 150	150 to 200	200 to 300
Regular	8	10	12
Occasional	10	12	14
None	12	12	14

Load Regime			
Temperature °C	Smooth	Moderate	Shocks Heavy Shocks
+10° to +150	8	11	15
0 to +10	10	15	19
-20 to Zero	12	20	25
-40 to -20	15	25	33

### Chain Extension

When designing lifting applications it can be useful to know how much a chain will extend under a given load.

The approximate elongation of a chain under a given load can be measured by using the following formulae.

- Simplex chain

$$\Delta L = \frac{(14.51) \cdot 10^5 \cdot L}{\rho^2} \cdot F_1$$

- Duplex Chain

$$\Delta L = \frac{(9.72) \cdot 10^5 \cdot L}{\rho^2} \cdot F_1$$

- Triplex Chain

$$\Delta L = \frac{(7.26) \cdot 10^5 \cdot L}{\rho^2} \cdot F_1$$

Where:

- $\Delta L$  = Change in chain length mm
- $L$  = Original length of the chain mm
- $P$  = Pitch of the chain mm
- $F_1$  = Average load in the chain

Any application in which two or more strands of transmission chain are required to operate side by side in a common drive, or conveying arrangement, may involve the need for either pairing or matching. Such applications generally fall into one of the following categories :

**Length Matching for Conveying and Similar Applications**

Wherever length matching of transmission chain is necessary it is dealt with as follows:

- The chains are accurately measured in handling lengths between 3m to 8m as appropriate and then selected to provide a two (or more) strand drive having overall length uniformity within close limits. However, such length uniformity will not necessarily apply to any intermediate sections along the chains, but the actual length of all intermediate sections, both along and across the drive, will not vary more than our normal manufacturing limits. However, adapted transmission chains are usually manufactured to specific orders which are generally completed in one production run so that it is reasonable to assume that length differences of intermediate sections will be small.
- Chains are supplied in sets which are uniform in overall length within reasonably fine limits and will be within our normal manufacturing limits. It should be noted that chain sets supplied against different orders at different times may not have exactly the same lengths to those supplied originally, but will vary by no more than our normal tolerance of 0.0%, +0.15%.

**Pitch Matching Transmission Drive Chains**

Pitch matched chains are built up from shorter subsections (usually 300 to 600mm lengths) which are first measured and then graded for length. All subsections in each grade are of closely similar length and those forming any one group across the set of chains are selected from the same length grade.

The requisite number of groups are then connected to form a pitch matched set of chains, or alternatively, if this is too long for convenient handling, a set of handling sections for customer to assemble as a final set of pitch matched chain. Suitable tags are fixed to the chains to ensure they are connected together in the correct sequence.

**Identification of Handling Lengths**

	Handling Length 1	Handling Length 2	Handling Length 3
A Strand	A-A1	A1-A2	A2-A3
B Strand	B-B1	B1-B2	B2-B3
C Strand	C-C1	C1-C2	C2-C3

Long chains are made up in sections, each section being numbered on end links. Sections should be so joined up that end links with similar numbers are connected. Where chains are to run in sets of two or more strands, each strand is stamped on end links of each section with a letter, in addition to being numbered. Correct consecutive sections for each strand must be identified from the end links and joined up as indicated.

By these means, the actual length of any intermediate portion of one strand (as measured from any one pitch point to any other) will correspond closely with that of the transversely equivalent portion on the other strands, generally within 0.05mm, depending on the chain pitch size.

**Pitch Matching Adapted Transmission Chains**

(when attachments are fitted to chains)

With the sole exception of extended bearing pins, it is not possible to match the pitch of holes in attachments themselves to within very fine limits, due to the additional tolerances to be contended with (bending, holing, etc.).

**Colour Coding**

For customers who wish to match their chains, perhaps in order to fit special attachments in situ, Renold colour code short lengths of chain within specified tolerance bands. These will normally be RED, YELLOW or GREEN paint marks to indicate lower, mid and upper thirds of the tolerance band. For even finer tolerance bands additional colours can be used, but normally a maximum of five colours will be more than adequate.

COLOUR		
RED		0.05%
YELLOW		0.10%
GREEN		0.15%
BLUE		For Finer
WHITE		Tolerances

**To Measure Chain Wear**

A direct measure of chain wear is the extension in excess of the nominal length of the chain. The chain wear can therefore be ascertained by length measurement in line with the instructions given below.

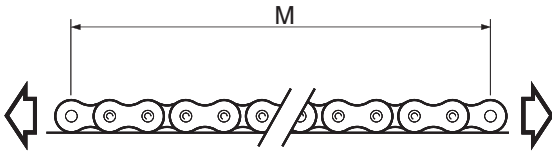
- Lay the chain, which should terminate at both ends with an inner link (part No 4), on a flat surface, and, after anchoring it at one end, attach to the other end a turnbuckle and a spring balance suitably anchored.
- Apply a tension load by means of the turnbuckle amounting to:

SIMPLEX CHAIN	P2 x 0.77 (N)
DUPLEX CHAIN	P2 x 1.56 (N)
TRIPLEX CHAIN	P2 x 2.33 (N)

Where P is the pitch in mm.

In the case of double pitch chains (e.g. chains having the same breaking load and twice the pitch) apply measuring loads as for the equivalent short pitch chains.

As an alternative, the chain may be hung vertically and the equivalent weight attached to the lower end.



- Measure length 'M' (see diagram above) in millimetres from which the percentage extension can be obtained from the following formula:

$$\text{Percentage Extension} = \frac{M - (N.P)}{N.P} \times 100$$

Where N = number of pitches measured  
Where P = pitch

- As a general rule, the useful life of the chain is terminated and the chain should be replaced when extension reaches 2 per cent (1 per cent in the case of double pitch chains). For drives with no provision for adjustment, the rejection limit is lower, dependent upon the speed and layout. A usual figure is between 0.7 and 1.0 per cent extension.

#### Renold Chain Wear Guide

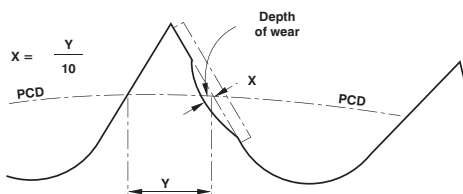
A simple-to-use chain wear guide is available from Renold Chain for most popular sizes of chain pitch. Please contact your Sales Office for details.

## Repair and Replacement

### Sprockets

Examination of both flanks will give an indication of the amount of wear which has occurred. Under normal circumstances this will be evident as a polished worn strip about the pitch circle diameter of the sprocket tooth.

If the depth of this wear 'X' has reached an amount equal to 10% of the 'Y' dimension, then steps should be taken to replace the sprocket. Running new chain on sprockets having this amount of tooth wear will cause rapid chain wear.



It should be noted that in normal operating conditions, with correct lubrication the amount of wear 'X' will not occur until several chains have been used.

### Chain

Chain repair should not as a rule be necessary. A correctly selected and maintained chain should gradually wear out over a period of time (approximately 15000 hours), but it should not fail. Please refer to the Installation and Maintenance section, which gives an indication of the service life remaining.

If a transmission chain sustains damage due to an overload, jam-up, or by riding over the sprocket teeth, it should be carefully removed from the drive and given a thorough visual examination. Remove the lubricating grease and oil to make the job easier.

Depending on the damage, it may be practicable to effect temporary repairs using replacement links. It is not, however, a guarantee that the chain has not been over stressed and so made vulnerable to a future failure. The best policy, therefore, is to remove the source of trouble and fit a new chain. This should be done for the following reasons.

1. The cost of down time to the system or machine can often outweigh the cost of replacing the chain.
2. A new or even used portion of chain or joints assembled into the failed chain will cause whipping and load pulsation. This can, and probably will, produce rapid failure of the chain and will accelerate wear in both the chain and its sprockets.

If a chain has failed two or more times, it is certain the chain will fail again in time. If no replacement is immediately available, repair the chain, but replace it at the earliest opportunity.

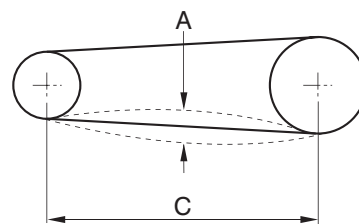
## Chain Adjustment

To obtain full chain life, some form of chain adjustment must be provided, preferably by moving one of the shafts. If shaft movement is not possible, an adjustable jockey sprocket engaging with the unloaded strand of the chain is recommended. Generally the jockey should have the same number of teeth as the driver sprocket and care should be taken to ensure the speed does not exceed the maximum shown in the rating charts (see pages 107 and 108).

The chain should be adjusted regularly so that, with one strand tight, the slack strand can be moved a distance 'A' at the mid point (see diagram below). To cater for any eccentricities of mounting, the adjustment of the chain should be tried through a complete revolution of the large sprocket.

$$\begin{aligned} A &= \text{Total movement} \\ C &= \text{Horizontal Centre Distance} \\ \text{Total movement 'A' (mm)} &= \frac{C \text{ (mm)}}{K} \end{aligned}$$

Where K = 25 for smooth drives  
50 for shock drives



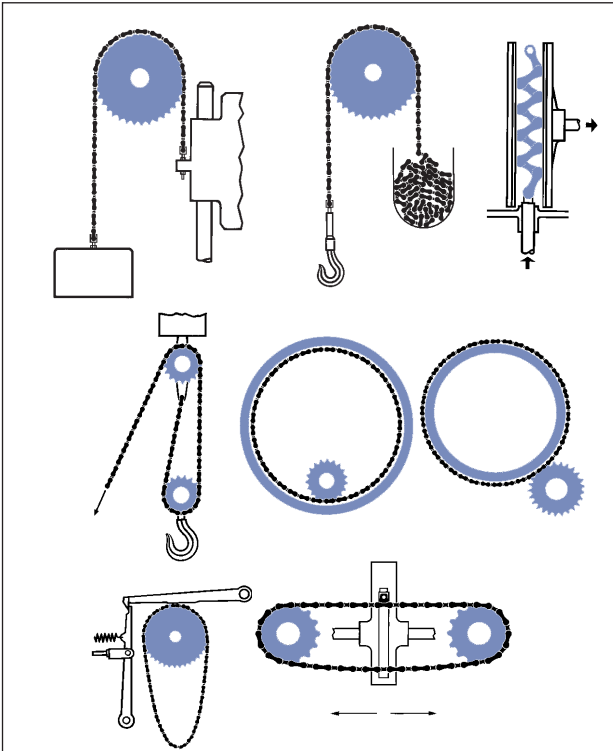
For vertical drives please consult the installation and maintenance section, which gives more details on chain adjustment.



## Design Ideas

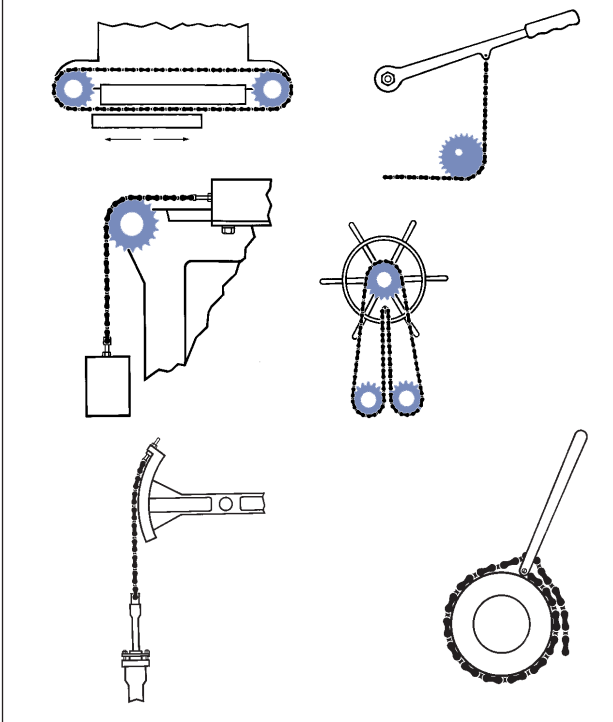
A variety of applications

Conveying, Indexing, Lifting and Pulling, Power Transmission, Timing.



A variety of industries

Aircraft, Automotive, Marine, Mechanical Handling, Motorcycle, Nuclear, Oilfield.



## Table of PCD Factors

To obtain pitch circle diameter of any sprocket with 9 to 150 teeth, multiply chain pitch by appropriate factor.

e.g. The PCD of a 38T sprocket of 3/4" (19.05mm) pitch  
 $= 19.05 \times 12.110 = 230.70\text{mm}$

Number of teeth	PCD Factor	Number of teeth	PCD Factor	Number of teeth	PCD Factor
9	2.924	57	18.153	105	33.428
10	3.236	58	18.471	106	33.746
11	3.549	59	18.789	107	34.064
12	3.864	60	19.107	108	34.382
13	4.179	61	19.426	109	34.701
14	4.494	62	19.744	110	35.019
15	4.810	63	20.062	111	35.337
16	5.126	64	20.380	112	35.655
17	5.442	65	20.698	113	35.974
18	5.759	66	21.016	114	36.292
19	6.076	67	21.335	115	36.610
20	6.392	68	21.653	116	36.928
21	6.709	69	21.971	117	37.247
22	7.027	70	22.289	118	37.565
23	7.344	71	22.607	119	37.883
24	7.661	72	22.926	120	38.202
25	7.979	73	23.244	121	38.520
26	8.296	74	23.562	122	38.838
27	8.614	75	23.880	123	39.156
28	8.931	76	24.198	124	39.475
29	9.249	77	24.517	125	39.793
30	9.567	78	24.835	126	40.111
31	9.885	79	25.153	127	40.429
32	10.202	80	25.471	128	40.748
33	10.520	81	25.790	129	41.066
34	10.838	82	26.108	130	41.384
35	11.156	83	26.426	131	41.703
36	11.474	84	26.744	132	42.021
37	11.792	85	27.063	133	42.339
38	12.110	86	27.381	134	42.657
39	12.428	87	27.699	135	42.976
40	12.746	88	28.017	136	43.294
41	13.063	89	28.335	137	43.612
42	13.382	90	28.654	138	43.931
43	13.700	91	28.972	139	44.249
44	14.018	92	29.290	140	44.567
45	14.336	93	29.608	141	44.885
46	14.654	94	29.927	142	45.204
47	14.972	95	30.245	143	45.522
48	15.290	96	30.563	144	45.840
49	15.608	97	30.881	145	46.159
50	15.926	98	31.200	146	46.477
51	16.244	99	31.518	147	46.795
52	16.562	100	31.836	148	47.113
53	16.880	101	32.154	149	47.432
54	17.198	102	32.473	150	47.750
55	17.517	103	32.791		
56	17.835	104	33.109		

# Simple Point to Point Drives - Example One

The following worked examples give simple step-by-step guidance on selecting various types of chain drive systems. Renold technical staff are available to advise on any chain selection problems. For details of transmission equations see page 108.

## Example One Rotary Pump Drive

### GIVEN:

- Pump speed 360 rpm
- Power absorbed 7.5 kw
- Driver Electric motor at 1440 rpm
- Constraints Centre distance approx 458 mm  
Adjustment by shaft movement

### 1 Selection Parameters

- Use  $Z_1 = 19T$
  - No polygonal effect
  - Satisfactory for smooth drives
- Calculate the drive ratio as follows:

$$\text{Drive Ratio} = i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1440}{360} = 4$$

Therefore the driven number of teeth

$$Z_2 = 4 \times Z_1 = 4 \times 19 = 76T$$

### 2 Selection Factors

Application Factor  $f_1 = 1$  (driver and driven sprockets smooth running)

$$\text{Tooth Factor} \quad f_2 = \frac{19}{Z_1} = \frac{19}{19} = 1$$

$$\text{Selection Power} = 7.5 \times 1 \times 1 = 7.5 \text{kw}$$

### 3 Select Chain

The chain can now be selected using charts 3 and 4 and cross referencing power to speed, giving the following possibilities:

- 0.5" BS Simplex (Approx 81% of rated Capacity)
- 0.375" BS Duplex (Approx 98% of rated Capacity)
- 0.5" ANSI Simplex (Approx 83% of rated Capacity)
- 0.375" ANSI Duplex (Approx 84% of rated Capacity)

0.375" ANSI Duplex chain is unsuitable as it is a bush chain.

Note - The approximate percentage of rated capacity is calculated by dividing the selection power at 1440 rpm by the chains maximum capacity at 1440 rpm.

For this example we will choose 0.5" European Simplex

### 4 Installation Parameters

LUBRICATION - European Chain Rating Chart (see page 107) clearly indicates the chain needs OILBATH lubrication. The chain will need to be enclosed and run in a sump of oil.

We now calculate the CHAIN LENGTH

$$L = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2C}{P} + \frac{P}{C} \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2$$

$$L = \frac{19 + 76}{2} + \frac{2 \times 458}{12.7} + \frac{12.7 \left( \frac{76 - 19}{2\pi} \right)^2}{458} = 121.9$$

Round up to the nearest number of even pitches i.e. 122.

### 5 Centre Distance Calculation

The centre distance of the drive can now be calculated using the formula shown below:

$$= \frac{P}{8} \left[ 2L - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2L - Z_2 - Z_1)^2 - \frac{\pi}{3.88} (Z_2 - Z_1)^2} \right]$$

$$= \frac{12.7}{8} \left[ ((2 \times 122) - 76 - 19) + \sqrt{((2 \times 122) - 76 - 19)^2 - \frac{\pi}{3.88} \times (76 - 19)^2} \right]$$

$$= 458.6 \text{mm}$$

### 6 Adjustment

Provide for chain wear of 2% or two pitches, whichever is smaller, in this case,  $(122 \times 1.02) - 122 = 2.44$  pitches.

Therefore use 2 pitches and recalculate using:

$$L = 124 \text{ in the above equation. This gives}$$

$$C = 471.7 \text{mm}$$

i.e. total adjustment of 13.1mm.

Note that in practice, some negative adjustment will facilitate assembly and will be essential if it is intended to assemble chain which is pre-joined into an endless loop.

### 7 Other Data

$$\text{Chain Velocity} = \frac{N.P. Z_1}{60000} = \frac{1440 \times 12.7 \times 19}{60000} = 5.79 \text{m/s}$$

$$\text{Load in chain due to power transmitted} = \frac{Q \cdot 1000}{v}$$

(Where Q = Selection power (kw))

$$= \frac{7.5 \times 1000}{5.79} = 1295 \text{N}$$

$$\text{Load in chain due to centripetal acceleration}$$

$$= \text{Chain mass/metre} \times \text{Velocity}^2$$

$$= 0.68 \times 5.79^2$$

$$= 23 \text{N}$$

$$\text{Total chain working load} = 1318 \text{N}$$

Note the load in the chain due to centripetal acceleration becomes much more significant at higher speeds since the square of the chain velocity is in the equation.

$$\text{Chain axial breaking force} = 19000 \text{N}$$

(See pages 10-11)

$$\text{Chain safety factor} = \frac{1900}{1318} = 14.4$$

$$\text{Chain bearing area} = 50 \text{mm}^2 \text{ (see pages 8-9 and 34-35)}$$

$$\text{Bearing pressure} = \frac{\text{WORKING LOAD}}{\text{BEARING AREA}} = \frac{1318}{50} = 26.36 \text{N/mm}^2$$

The following worked examples give simple step-by-step guidance on selecting various types of chain drive systems. Renold technical staff are available to advise on any chain selection problems. For details of transmission equations see page 108.

## Example Two 4-Cylinder Compressor

### GIVEN:

- Pump speed 250 rpm
- Power absorbed 250 kw
- Driver Electric motor at 960 rpm
- Constraints Centre distance approx 1500 mm

### 1 Selection Parameters

Use a 25T sprocket for an impulsive drive (see page 103 selection of drive ratio and sprockets).

$$\text{Drive Ratio} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{960}{250} = 3.84$$

Number of teeth  $Z_2 = 3.84 \times Z_1 = 3.84 \times 25 = 95T$

### 2 Selection Factors

Application Factor  $f_1 = 1.5$  (driver and driven sprocket medium impulsive)

$$\text{Tooth Factor } f_2 = \frac{19}{Z_1} = \frac{19}{25} = 0.76$$

Selection Power = Transmitted power  $\times f_1 \times f_2$  (kw)  
Selection Power =  $250 \times 1.5 \times 0.76 = 285\text{kw}$

### 3 Select Chain

The chain can now be selected using European Chain Rating Chart (see page 107) by cross referencing the power (285kw on the vertical axis) and speed (960 rpm on the horizontal axis).

Two matched strands of 1.25" pitch European triplex chains could be used with a heat treated 25 tooth steel driver and a 95 tooth driven sprocket to give a drive ratio of 3.8 to 1.

### 4 Installation Parameters

LUBRICATION - European Chain Rating Chart (see page 107) clearly shows that an oilstream system is required on this drive. The chain should run in an enclosure with a pump and sump arrangement.

We will now calculate the CHAIN LENGTH

$$L = \frac{25 + 95}{2} + \frac{2 \times 1500}{31.75} + \frac{31.75 \left( \frac{95 - 25}{2\pi} \right)^2}{1500} = 157.12$$

Round up to the nearest number of even pitches i.e. 158

### 5 Centre Distance Calculation

The centre distance of the drive can now be calculated using the standard formula below:  
= 1514.44mm

$$C = \frac{31.75}{8} \left[ \left( (2 \times 158) - 95 - 25 \right) + \sqrt{\left( (2 \times 158) - 95 - 25 \right)^2 - \frac{\pi}{3.88} (95 - 25)^2} \right]$$

### 6 Adjustment

$$\text{Chain Velocity} = \frac{960 \times 31.75 \times 25}{60000} = 12.7 \text{ m/s}$$

$$\text{Load in the Chain} = \frac{285 \times 1000}{12.7} = 22440 \text{ N}$$

Load in the chain due to centripetal acceleration =  
 $11.65 \times 2 \times 12.7 \times 12.7 = 3758 \text{ N}$

Total chain WORKING LOAD = 26027 N

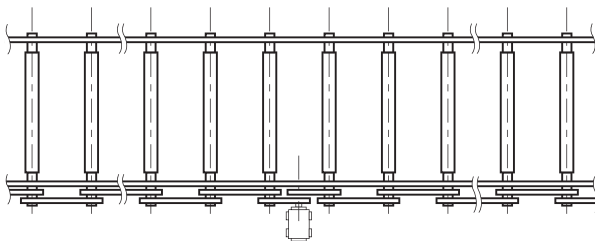
$$\text{Bearing Pressure} = \frac{\text{WORKING LOAD}}{\text{BEARING AREA}} = \frac{23272}{885 \times 2} = 14.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Chain Safety Factor} = \frac{\text{BREAKING LOAD}}{\text{WORKING LOAD}} = \frac{294200 \times 2}{26027} = 22.6$$

## Multi-Shaft Drives

### SHAFTS IN SERIES

This arrangement shows the driving of live roller conveyors.



The choice of the chain is based on the slipping torque between the rollers and the material to be transported. The safety factor to be applied for this type of drive is typically:

Safety factor = 5 for one direction drives  
Safety factor = 8 for reversible drives

Every roller except the last comprises two simple sprockets, or one special sprocket to be used with two simple chains. At low speeds or in reversible drives, sprockets with hardened teeth should be used.

Roller conveyors with less than 10 rollers can be driven from one of the ends of the track. When the number of rollers is higher, it is recommended that the driving arrangement is in the middle of the conveyor in order to have a better distribution of the power and the highest overall efficiency.

If we assume that a drive operating under ideal conditions such as a clean environment and correct lubrication achieves an efficiency of R%, then the overall efficiency of a roller conveyor with X rollers will be:

$$100 \left( \frac{R}{100} \right)^X = \frac{R^X}{100^{(X-1)}}$$

If the individual drive efficiency R is equal to 98%, then the drive of a roller conveyor with 30 rollers will therefore only have an overall efficiency of 55%

Consequently, it is recommended that no more than 30 rollers per drive are used. For roller conveyors with more than 30 rollers, use multiple drives.

The drive should be able to develop a torque corresponding to the slipping torque of the loaded rollers.

## Simple Point to Point Drives - Example Three

The following worked examples give simple step-by-step guidance on selecting various types of chain drive systems. Renold technical staff are available to advise on any chain selection problems. For details of transmission equations see page 108.

### Example Three

#### GIVEN:

- Moving a stack of steel plates.
- 20 rollers with a diameter of 150mm.
- Shafts with a diameter of 60mm on ball bearings.
- Weight of one roller 1900N.
- There are two stacks on the conveyor at any one time.
- One stack weighs 17500N with a length of 1500mm.
- Total nett load : 35000N (two stacks).
- Centre distance of the rollers : 300mm.
- Linear speed : 15 m/min.
- PCD of the sprockets : 140mm.
- Impulsive load : 30 starts per hour, in one direction.

#### 1 Assumptions

- A drive is placed in the middle with 10 rollers on each side
- The rolling resistance of the rollers is 0.05
- The friction resistance between the rollers and the load is 0.25
- The efficiency per drive is 98%

#### 2 Selection Calculations

Every stack of steel is 17500 N and is conveyed by

$$\frac{\text{Stack length}}{\text{Centre distance of rollers}} = \frac{1500}{300} = 5 \text{ Rollers}$$

or 10 rollers for the total nett load.

If a nett load of 35000 N is added to the total weight of 10 bearing rollers (19000 N), then this gives a gross load of 54000 N. The tangential force for 10 rollers is : 54000 x 0.05 = 2700 N and the corresponding torque is:

$$F \times d \text{ (force x distance)} = 2700 \times \frac{0.06}{2} = 81Nm$$

Note: Where d = shaft diameter  
For each group of 10 rollers the efficiency will be:

$$\frac{98^{10}}{100^9} = 81.7\%$$

The effective torque then becomes:

$$\frac{\text{Actual Torque}}{\text{Efficiency}} = \frac{81}{0.817} = 99Nm$$

For sprockets with a pitch circle diameter of 140mm, the pull in the chain will be:

$$\frac{2000 \times Md}{d_1} = \frac{2000 \times 99}{140} = 1414 N$$

The friction force for a friction coefficient of 0.25 is  
35000 x 0.25 = 8750 N

The corresponding torque is equal to:

$$F \times d \text{ (force x distance)} = 8750 \times \frac{0.15}{2} = 656Nm$$

Note: Where d = radius of shaft  
The total drive torque is 656 + 81 = 737 Nm

The effective torque is therefore:

$$\frac{737}{0.817} = 902Nm$$

The pull in the chain then becomes:

$$\frac{2000 \cdot Md}{d_1} = \frac{2000 \times 902}{140} = 12886N$$

Per drive we can now evaluate chain ISO 16B-1 or Renold Chain 110088 running with two sprockets with 17 teeth and a pitch circle diameter of 138mm.

In normal use:

The safety factor  $\frac{\text{Axial Breaking force}}{\text{Working load}} = \frac{67000}{1414} = 47.4$

Bearing pressure  $\frac{\text{Working load}}{\text{Bearing area}} = \frac{1414}{207} = 6.83N/mm^2$

When slipping they are:

The safety factor  $\frac{\text{Axial Breaking Force}}{\text{Pull in Chain}} = \frac{67000}{12886} = 5.2$

Bearing pressure  $\frac{\text{Chain Pull}}{\text{Bearing Area}} = \frac{12886}{207} = 62.26 N/mm^2$

The linear speed of the chain is:

$$\frac{\text{stack speed} \times d_1}{\text{roller dia}} \left( \frac{1}{60} \right) = \frac{15 \times 0.138}{0.15 \times 60} = 0.23m/sec$$

Note: Where d1 = PCD of sprocket in metres

For each group of 10 rollers the power is:  $\frac{F_1 V}{1000}$

Under normal working conditions

$$\frac{\text{Working load} \times \text{linear speed}}{1000} = \frac{1414 \times 0.23}{1000} = 0.33 kW$$

$$\frac{\text{Chain pull} \times \text{linear speed}}{1000} = \frac{12886 \times 0.23}{1000} = 2.96 kW$$

When the rollers are slipping

- Taking the efficiency of the gear unit into account and adding a factor of 25% to this total power, 3.7kW will be necessary.

NOTE - At higher linear speeds, we should also take into account other additional factors such as the moment of inertia of the rollers and the power needed to accelerate the various components of the system.

## Shafts in Parallel

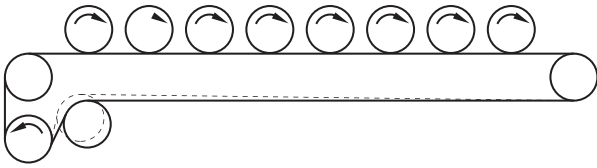


Figure 1

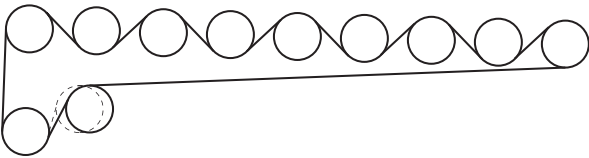


Figure 2

Drives of this type will only be used when:

- There is a steady load, preferably divided evenly over the sprocket system.
- At linear speeds not higher than 1.5 m/sec.
- It is driven in one direction only.

The efficiency of this driving method is higher than for the series drive because there is reduced tooth contact.

Every drive needs special attention with regard to the positioning of the driver sprocket, the jockey and the reversing pinions.

The layout of the sprockets, the support and the guidance of the chain determine to a large extent, the service life of the chain.

The chain in most cases is quite long and a good grip on the driver sprocket is only possible when a degree of pre-tensioning is applied. This should never exceed half the normal pulling load of the application.

The method of selection is the same as for that detailed under SHAFTS IN SERIES.

Drives mounted as in figure 2 have an efficiency under normal conditions of:

- 94% with 5 rollers
- 89% with 10 rollers
- 84% with 15 rollers
- 79% with 20 rollers
- 75% with 25 rollers

## Safety Warnings

### Connecting Links

No 11 or No 26 joints (slip fit) should not be used where high speed or arduous conditions are encountered. In these or equivalent circumstances where safety is essential, a riveting link No 107 (interference fit) must be used.

Wherever possible, drives should have sufficient overall adjustment to ensure the use of an even number of pitches throughout the useful life of the chain. A cranked link joint (No 12 or No 30) should only be used as a last resource and restricted to light duty, non-critical applications.

### Chain Maintenance

The following precautions must be taken before disconnecting and removing a chain from a drive prior to replacement, repair or length alteration.

1. Always isolate the power source from the drive or equipment.
2. Always wear safety glasses.
3. Always wear appropriate protective clothing, hats, gloves and safety shoes, as warranted by the circumstances.
4. Always ensure tools are in good working condition and used in the proper manner.
5. Always loosen tensioning devices.
6. Always support the chain to avoid sudden unexpected movement of chain or components.
7. Never attempt to disconnect or reconnect a chain unless the method of safe working is fully understood.
8. Make sure correct replacement parts are available before disconnecting the chain.
9. Always ensure that directions for correct use of any tools is followed.
10. Never re-use individual components.
11. Never re-use a damaged chain or chain part.
12. On light duty drives where a spring clip (No 26) is used, always ensure that the clip is fitted correctly in relation to direction of travel.

A photograph of a dark, rocky tunnel, likely an underground mine. The floor is covered in gravel and small rocks. The walls are rough and uneven, with some reddish-brown mineral deposits. Several bright lights are visible in the distance, creating a strong perspective. The overall atmosphere is dim and industrial.

# Basics in Minerals Processing

---

# CONTENT

<b>Introduction</b>	1
<b>Minerals in operation</b>	2
<b>Size reduction</b>	3
Crushing	
Grinding	
<b>Size control</b>	4
Screening	
Classification	
<b>Enrichment</b>	5
Washing	
Gravity separation	
Flotation	
Magnetic separation	
Leaching	
<b>Upgrading</b>	6
Sedimentation	
Mechanical dewatering	
Thermal drying	
Thermal processing	
<b>Materials handling</b>	7
Unloading	
Storing	
Feeding	
Conveying	
<b>Slurry handling</b>	8
Slurry transportation	
Agitation and mixing	
<b>Wear in operation</b>	9
<b>Operation and environment</b>	10
<b>Process systems</b>	11
<b>Miscellaneous</b>	12

---



---

## 1. Introduction

Basic definitions	1:1
Minerals by value	1:2
The process frame of minerals	1:3
Mineral processing and hardness	1:4
Size and hardness	1:4
The stress forces of rock mechanics	1:5

## 2. Minerals in operation

Operation stages	2:1
Operation – dry or wet?	2:1
Mining and quarry fronts	2:2
Natural fronts	2:2
Size reduction	2:4
Size control	2:5
Enrichment – washing	2:5
Enrichment – separation	2:6
Upgrading	2:6
Materials handling	2:7
Wear in operation	2:8
Operation and environment	2:9
Operation values	2:9

## 3. Size reduction

The size reduction process	3:1
Feed material	3:2
Reduction ratio	3:2
The art of crushing	3:3
Crushing of rock and gravel	3:3
Crushing of ore and minerals	3:4
Crushing – calculation of reduction ratio	3:5
Selection of crushers	3:6
Primary crusher – type	3:6
Primary crusher – sizing	3:7
Secondary crusher – type	3:8
Cone crusher – a powerful concept	3:8
Secondary crusher – sizing	3:9
Final crushing stage – more than just crushing	3:10
VSI – a rock protected impactor	3:10
High Pressure Grinding Rolls (HPGRs) - HRC™	3:11
Final crusher – sizing	3:12
Wet crushing prior to grinding	3:14
Technical data: Gyratory crusher – SUPERIOR® MK-II Primary	3:15
Technical data: Jaw crusher – C series	3:16
Technical data: Impact crusher – NP series	3:17
Technical data: Cone crusher – GPS series	3:18
Technical data: Cone crusher – HP series	3:19
Technical data: Cone crushers – HP 3, 4 and 5 series	3:20
Technical data: Cone crusher – MP series	3:21
Technical data: Cone crusher – GP-series	3:22

Technical data: Vertical shaft impactor (VSI) _____	3:23
Technical data: High pressure grinding rolls (HPGRs) - HRC™ _____	3:24
Grinding – introduction _____	3:25
Grinding methods _____	3:25
Grinding mills – reduction ratios _____	3:25
Grinding – tumbling mills _____	3:26
Grinding – stirred mills _____	3:28
Grinding – vibrating mills _____	3:29
Cost of grinding – typical _____	3:30
Mill linings – basic _____	3:30
Grinding mills – sizing _____	3:31
Grinding circuits _____	3:31
Vertimill® circuits _____	3:36
Stirred media detritors (SMD) circuits _____	3:38
Grinding – power calculation _____	3:40
Grinding – bonds work index _____	3:40
Pulverizing of coal _____	3:41
Vertimill® – more than a grinding mill _____	3:42
Vertimill® as lime slaker _____	3:43
Grinding vs enrichment and upgrading _____	3:43
Technical data: AG and SAG mills _____	3:44
Technical data: Ball mills _____	3:45
Technical data: Spherical roller bearing supported ball mills _____	3:47
Technical data: Conical ball mills _____	3:48
Technical data: SRR mill _____	3:49
Technical data: Vertimill® (wide body) _____	3:50
Technical data: Vertimill® _____	3:51
Technical data: Vertimill® (lime slaking) _____	3:52
Technical data: Stirred media grinding mills _____	3:53
Technical data: Vibrating ball mill _____	3:53

#### **4. Size control**

Size control – introduction _____	4:1
Size control by duties _____	4:1
Size control by methods _____	4:1
Screens _____	4:2
Screening by stratification _____	4:2
Screening by free fall _____	4:2
Screen types _____	4:3
Screen capacities _____	4:3
Selection of screening media _____	4:4
Particle size – mesh or micron? _____	4:5
Technical data: Single inclination screen – circular motion _____	4:6
Technical data: Double inclination screen – linear motion _____	4:7
Technical data: Triple inclination screen – linear motion _____	4:8
Technical data: Multiple inclination screen – linear motion _____	4:8
Classification – introduction _____	4:9
Wet classification – fundamentals _____	4:9
Hydrocyclone _____	4:10
Spiral classifiers _____	4:11

---

Dry classification – introduction	4:13
Static classifiers	4:13
Dynamic classifiers	4:16
Ancillary air solutions	4:16
Dry grinding	4:18
Size control in crushing and grinding circuits	4:20

## 5. Enrichment

Enrichment – introduction	5:1
Enrichment – processes	5:1
Wash water treatment	5:3
Separation – introduction	5:4
Separation by gravity	5:4
Separation in water	5:4
Separation by jigs	5:5
Separation by spiral concentrators	5:5
Separation by shaking tables	5:5
Separation in dense media	5:6
Separation by flotation	5:7
Flotation circuit layout	5:8
Reactor cell flotation system (RCS)	5:9
Reactor cell flotation system (RCS) – sizing	5:10
Technical data: Flotation machines RCS	5:13
DR flotation cell system	5:14
Technical data: Flotation machine DR, metric	5:15
Technical data: Flotation machine DR, US	5:15
Column flotation cell system	5:17
Column flotation – features	5:18
Magnetic separation – introduction	5:19
Magnetic separation – methods	5:20
Magnetic separation – separator types	5:21
Magnetic separation – equipment	5:21
Dry LIMS, belt drum separator BS	5:22
Technical data: Dry LIMS, belt separator BSA and BSS	5:23
Dry LIMS, drum separator DS	5:24
Technical data: Dry LIMS, drum separator DS	5:25
Wet LIMS – Wet magnetic separators	5:26
Wet LIMS – concurrent (CC)	5:26
Wet LIMS – counter rotation (CR) and (CRHG)	5:27
Wet LIMS – countercurrent (CTC) and CTCHG	5:27
Wet LIMS – froth separator (DWHG)	5:28
Wet LIMS – dense media recovery (DM) (DMHG)	5:28
Technical data: Wet LIMS – concurrent (CC)	5:29
Technical data: Wet LIMS – counter rotation (CR) and (CRHG)	5:29
Technical data: Wet LIMS – countercurrent (CTC) and CTCHG	5:30
Technical data: Wet LIMS – froth separator (DWHG)	5:30
Technical data: Wet LIMS – dense media recovery (DM) (DMHG)	5:31
Wet HGMS/F – magnet design	5:32
Wet HGMS, HGMF – separator types	5:32
Wet cyclic HGMS	5:33

---

Wet cyclic HGMS – process system	5:34
Wet cyclic HGMS – operation	5:34
Wet cyclic HGMS – applications	5:35
Wet cyclic HGMS – sizing	5:35
Technical data: Wet cyclic HGMS	5:36
Wet cyclic high gradient magnetic filter HGMF	5:37
HGMF – applications	5:39
HGMF – process data	5:39
HGMF – sizing	5:30
Technical data: Wet cyclic high gradient magnetic filter HGMF	5:40
Wet continuous HGMS	5:41
Wet continuous HGMS – process system	5:41
Wet continuous HGMS – applications	5:41
Wet continuous HGMS – sizing and selection	5:42
Technical data: Wet continuous HGMS	5:43
Leaching of metals	5:44
Gold leaching	5:45
Gold leaching- carbon adsorption	5:45
Gold leaching – CIP	5:46

## 6. Upgrading

Upgrading – introduction	6:1
Upgrading by methods	6:1
Upgrading by operation costs	6:1
Sedimentation	6:2
Flocculation	6:2
Conventional clarifier	6:3
Conventional clarifier – sizing	6:3
Conventional thickener	6:4
Conventional thickener – sizing	6:4
Conventional clarifier/thickener – design	6:5
Conventional clarifier/thickener – drive system	6:6
Conventional clarifier/thickener – drive sizing	6:7
Lamella or inclined plate sedimentation – introduction	6:9
Inclined plate settler (IPS)	6:11
Inclined plate settler – drives	6:12
Inclined plate settler – product range	6:13
Technical data: Inclined plate settler (LT)	6:16
Technical data: Inclined plate settler (LTS)	6:17
Technical data: Inclined plate settler (LTK)	6:18
Technical data: Inclined plate settler (LTE)	6:19
Technical data: Inclined plate settler (LTE/C)	6:20
Technical data: Inclined plate settler (LTC)	6:21
Mechanical dewatering – introduction	6:22
Mechanical dewatering – methods and products	6:22
Gravimetric dewatering	6:23
Spiral dewaterer	6:23
Technical data: Spiral dewaterer	6:24
Sand screw	6:25
Dewatering screen	6:25

---

Dewatering wheel	6:25
Mechanical dewatering by pressure – introduction	6:26
Drum vacuum filters	6:26
Belt drum filters	6:27
Top feed filters	6:27
Vacuum filters – vacuum requirements	6:28
Vacuum plant – arrangement	6:28
Vertical plate pressure filter – introduction	6:28
Vertical plate pressure filter – design	6:30
Pressure filter VPA – operation	6:30
Pressure filter VPA – sizes	6:32
Pressure filter VPA – chamber data	6:32
Pressure filter VPA – nomenclature	6:32
Pressure filter VPA – sizing	6:33
Pressure filter VPA – moisture in filter cake	6:34
Pressure filter VPA – compressor sizing	6:34
Pressure filter VPA – compressor power	6:35
Pressure filter VPA – feed pump selection	6:35
Pressure filter VPA – feed pump power	6:35
Pressure filter VPA – product system	6:36
Technical data: Pressure filter VPA 10	6:37
Technical data: Pressure filter VPA 15	6:38
Technical data: Pressure filter VPA 20	6:39
Tube press – introduction	6:40
Tube press – design	6:41
Tube press – operation	6:42
Tube press – applications	6:43
Tube press – material of construction	6:44
Tube press – sizes	6:45
Tube press – sizing	6:45
Tube press – cycle times and cake moisture	6:46
Tube press – capacity	6:46
Tube press – product system	6:47
Tube press – booster system	6:48
Tube press – mechanical description	6:49
Technical data: Tube press	6:50
Thermal processing – introduction	6:51
Direct heat rotary dryer (cascade type)	6:52
Indirect heat rotary dryer (kiln)	6:52
Fluidized bed	6:53
Indirect heat screw dryer (Holo-flite®)	6:55
Holo-flite® process system	6:55
Technical data: Indirect heat screw dryer (Holo-flite®)	6:57
Fluidized bed	6:54
Something about cooling	6:58
Iron ore pelletizing	6:59
Pellet plant schematic	6:60
Feed preparation	6:61
Grate Kiln technology	6:62
Major process equipment components of iron ore pellet plant	6:65

---

Design criteria and plant sizing	6:67
Comparisons of indurating technologies	6:68
Lime calcining system	6:70
Coke calcining system	6:73
Tire pyrolysis	6:74

## 7. Materials handling

Introduction	7:1
Loading and unloading	7:1
Railcar dumpers	7:1
Train positioners	7:2
Unloaders	7:3
Storage buffering	7:5
Stacker reclaimer	7:6
Scraper reclaimer	7:6
Barrel reclaimer	7:7
Feeding	7:8
Technical data sheets	
Technical data: Feeder – Apron	7:10
Technical data: Feeder – Vibration	7:11
Technical data: Feeder – Unbalanced motor	7:12
Technical data: Feeder – Belt	7:13
Technical data: Feeder – Electromagnetic	7:14
Technical data: Feeder – Wobbler	7:15
Conveying	7:16
Conveying systems	7:17
Conveyor capacities	7:18
Volume weight and angle of inclination	7:18
Conveyor - more than a rubber belt	7:19
Technical data: Conveyor – Standard belt	7:20
Vertical conveyor system	7:21

## 8. Slurry handling

Slurry handling – introduction	8:1
Basic definitions	8:3
Slurry pump range MD	8:5
Technical data: MD	8:6
Slurry pumps – range XM	8:7
Technical data: XM	8:8
Slurry pumps – range XR and VASA HD	8:9
Technical data: XR and VASA HD	8:10
Dredge pumps – range Thomas	8:11
Technical data: Thomas	8:12
Slurry pumps – range HR and HM	8:13
Technical data: HR and HM	8:14
Slurry pumps – range MR and MM	8:15
Technical data: MR and MM	8:16
Slurry pumps – range VS	8:17
Technical data: VS	8:18
Slurry pumps – range VSHM and VSMM	8:19
Technical data: VSHM and VSMM	8:20

Slurry pumps – range VT	8:21
Technical data: VT	8:22
Slurry pumps – range VF	8:23
Technical data: VF	8:24
Application guide for slurry pumps	8:25
Selection – by solids	8:26
Selection – by head and volume	8:26
Selection – by slurry type	8:27
Selection – by industrial application	8:28
Minerals	8:28
Construction	8:29
Coal	8:29
Waste and recycling	8:30
Power and FGD	8:30
Pulp and paper	8:30
Metallurgy	8:31
Chemical	8:31
Mining	8:32
Agitation – Attrition scrubber	8:33
Attrition scrubber – Sizing	8:33
“The slurry line”	8:34
Slurry handling hoses	8:34
Technical data: Material handling hoses	8:37
Technical data: Rubber lined steel pipes	8:37
Technical data: 3xD bends 45°	8:38
Technical data: 3xD bends 90°	8:38
Technical data: Branch pipes	8:39
Technical data: Gaskets	8:40
Technical data: Couplings	8:41
Technical data: Reducers, rubber lined steel	8:42
Technical data: Compensators	8:43
Technical data: Tailing compensators / bends	8:43
Technical data: Tailing pipes	8:44

## 9. Wear in operation

Introduction	9:1
Wear in operation – caused by	9:1
Wear by compression	9:2
Wear by impaction (high)	9:2
Wear by impaction (low)	9:3
Wear by sliding	9:3
Wear protection and products	9:4
Wear products – application	9:4
Heavy impact – selection	9:5
Impact and sliding – selection (modules)	9:5
Impact and sliding – selection (sheeting)	9:6
Sliding and build up – selection	9:6
Wear protection – wear parts	9:7
Wear parts – slurry pumps	9:10
Something about ceramic liners	9:11
Wear in slurry pipelines	9:12

---

## 10. Operation and environment

Operation and environment – introduction	10:1
Dust	10:1
Dust control – basic	10:2
Noise	10:4
Noise reduction	10:5
Ear protection	10:7

## 11. Process system

Process system – Introduction	11:1
System modules – aggregates	11:2
System modules – sand & gravel	11:2
System modules – ore & minerals	11:3
Process system – railway ballast	11:4
Process system – asphalt / concrete ballast	11:4
Process system – ferrous ore	11:5
Process system – base metal ore	11:5
Process system – gold bearing ore	11:6
Process system – coal	11:6
Process system – industrial mineral fillers	11:7
Process system – glass sand	11:7
Process system – diamond (kimberlite)	11:8
Process system – kaolin	11:8
Mobile systems	11:9
Technical data: Primary jaw crusher + grizzly	11:10
Technical data: Primary impact crusher + grizzly	11:10
Metso simulation tools	11:11
Consulting business	11:11
Process Technology and Innovation	11:12

## 12. Miscellaneous

Conversion factors	12:1
Tyler standard scale	12:2
Density of solids	12:3
Water and solids – pulp density data (metric and imperial)	12:5



---

# Metso Mining and Construction

## Brand names in rock and minerals processing

Allis Chalmers (AC)	McNally Wellman
Allis Minerals System	Neims
Altairac	NICO
Armstrong Holland	Nokia
Barmac	Nolan
Bergeaud	Nordberg
Boliden Allis	MPSI
Cable Belt	Orion
Conrad Scholtz	PECO
Denver	Pyrotherm
Dominion	Read
FACO	REDLER
GFA	Sala
Hardinge	Scamp
Hewitt Robins	Skega
Kennedy Van Saun KVS	Stansteel
Kue-ken Seco	Stephens – Adamson
Koppers	Strachan & Henshaw
Lennings	Svedala
Lokomo	Thomas
Marcy	Tidco
Masterscreens	Trellex
McDowell Wellman	Tyler





---

*“The practice of minerals processing is as old as human civilization. Minerals and products derived from minerals have formed our development cultures from the flints of the Stone Age man to the uranium ores of Atomic Age.”*

The ambition with this handbook, “Basics in Minerals Processing”, is not to give a full coverage of the subject above.

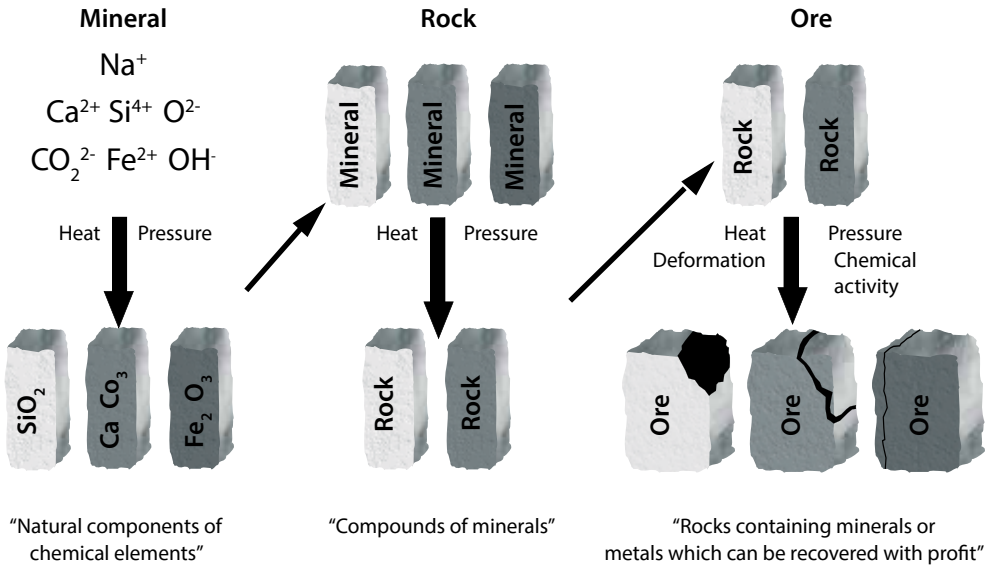
The intention is to give technicians involved in mineral operations practical and useful information about the process equipment used, their systems and operational environment.

The technical data given are basic, but will increase the understanding of the individual machines, their functions and performances.

Always contact Metso for information regarding specific products since the data given is subject to change without notice.

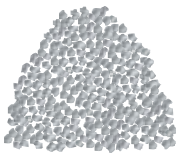
### Basic definitions

It is important to know the definitions of *mineral*, *rock* and *ore* as they represent different product values and partly different process systems

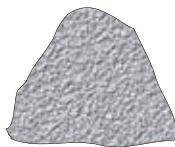


### Artificial minerals

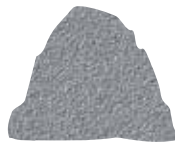
“Man made” minerals are not minerals by definitions. But from processing point of view they are similar to virgin minerals and are treated accordingly (mainly in recycling processes).



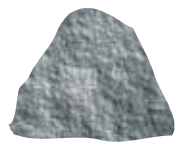
Slag



Concrete



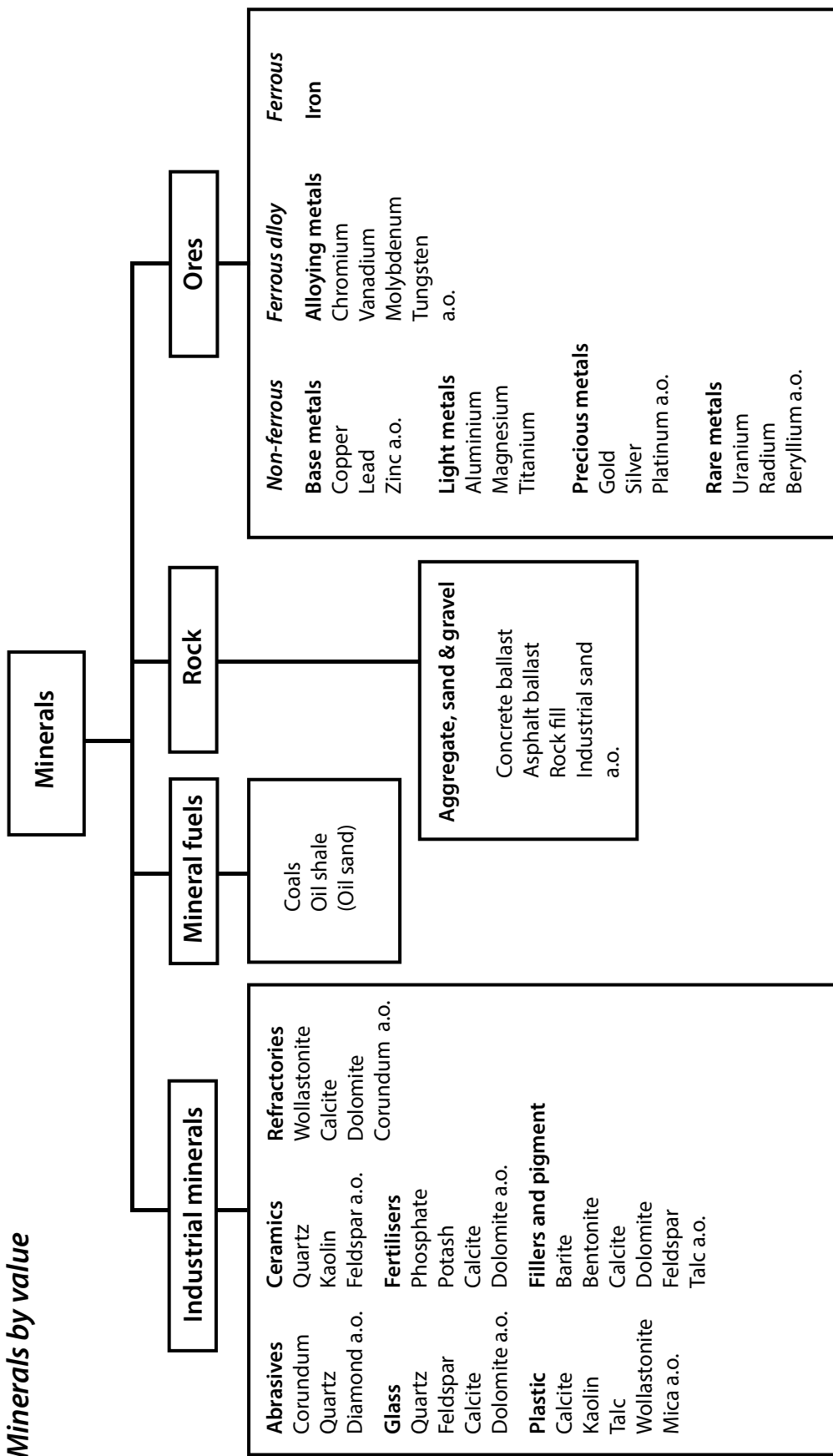
Mill scale



Glass & Ceramics

# Minerals by value

## Introduction

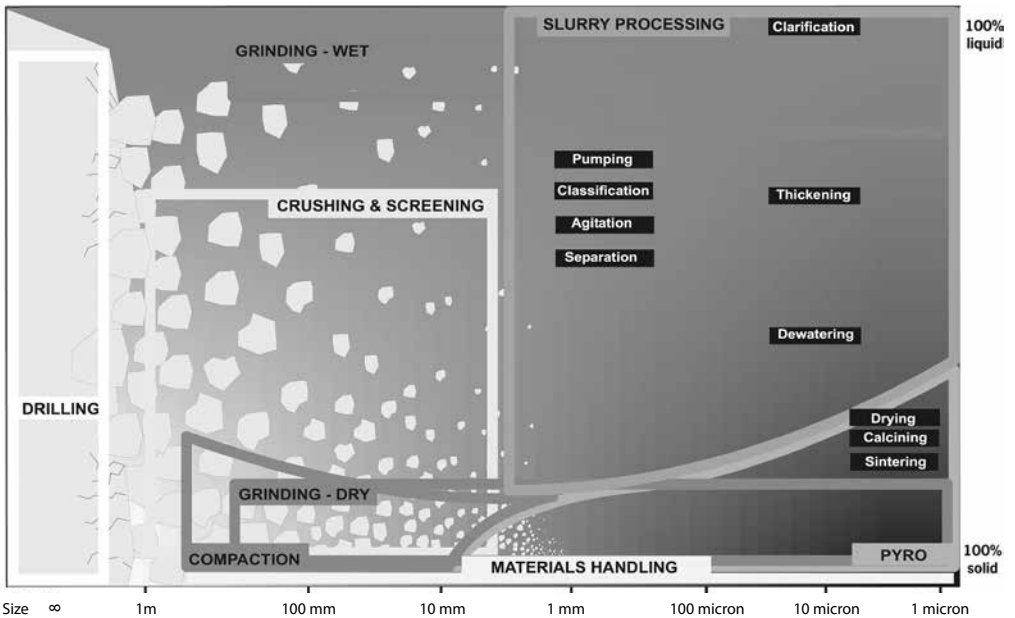


## The process frame of minerals

The goal in mineral processing is to produce maximum value from a given raw material. This goal can be a crushed product with certain size and shape or maximum recovery of metals out of a complex ore.

The technologies to achieve these goals are classical, complementary and well defined.

Below they are presented in the Process Frame of Minerals, classified according to their interrelations in product size and process environment (dry or wet).



**Drilling** (and blasting) is the technology of achieving primary fragmentation of “in situ” minerals. This is the starting point for most mineral processes with the exception of natural minerals in the form of sand and gravel.

**Crushing and screening** is the first controlled size reduction stage in the process. This is the main process in aggregate production and a preparation process for further size reduction.

**Grinding** is the stage of size reduction (wet or dry) where the liberation size for individual minerals can be reached. By further size reduction filler (mineral powder) is produced.

**Slurry processing** includes the technologies for wet processing of mineral fractions.

**Pyro processing** includes the technologies for upgrading of the mineral fractions by drying, calcining or sintering.

**Materials handling** includes the technologies for moving the process flow (dry) forward by loading, transportation, storage and feeding.

**Compaction** of minerals includes the technologies for moving and densifying minerals by vibration, impactation and pressure, mainly used in construction applications.

## Mineral processing and hardness

All deposits of minerals, rock or ores have different hardness depending on the chemical composition and the geological environment.

**Mohs numbers are a simple classification:**

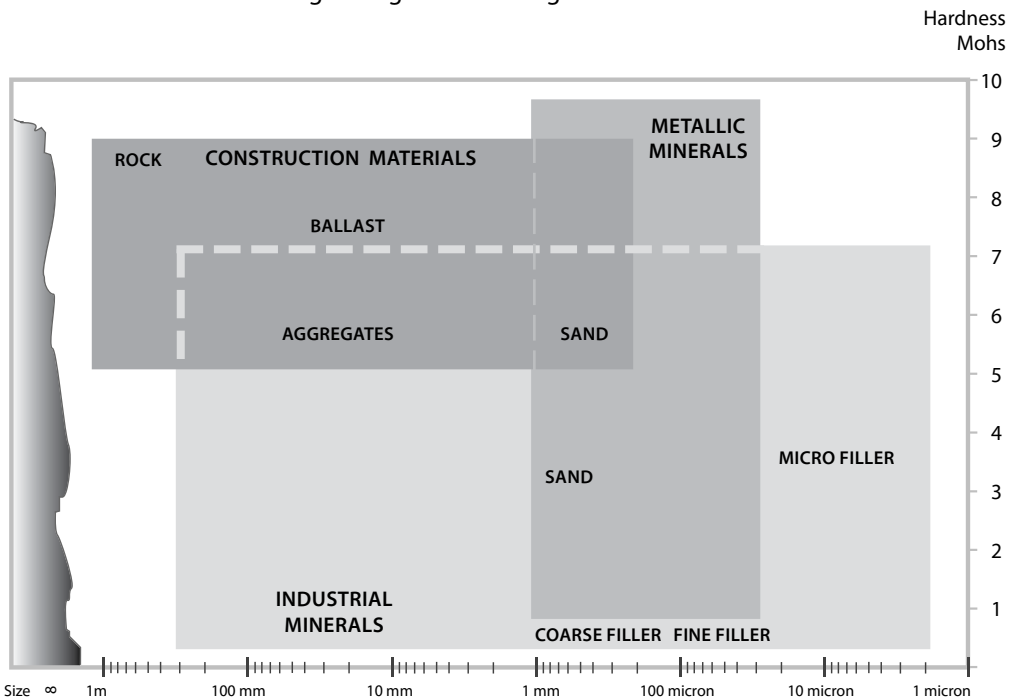
1. Talc	Crushed by a finger nail	Graphite, Sulphur, Mica, Gold
2. Gypsum	Scratched by a finger nail	Dolomite
3. Calcite	Scratched by an iron nail	Magnetite
4. Fluorite	Easily scratched by a knife	Magnetite
5. Apatite	Scratched by a knife	Granite, Pyrite
6. Feldspar	Hardly scratched by a knife	Basalt
7. Quartz	Scratches glass	Beryl
8. Topaz	Scratched by quartz	
9. Corundum	Scratched by a diamond	
10. Diamond	Cannot be scratched	

*In 1813 an Austrian geologist, Mr. Mohs, classified minerals according to their individual hardness.*

In operation we naturally need more information about our feed material. See information on **work index** and **abrasion index**, section 3 page 2.

## Size and hardness

All operations have different process environments due to mineral hardness and size range. It is important to know in which “range” we are operating as this will affect many process parameters, (wear rate, uptime, operation costs etc.). Size and hardness together give interesting information.





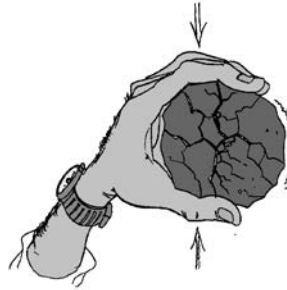
## The stress forces of rock mechanics

Beside size and hardness, the classical stress forces of rock mechanics are the fundamentals in most of what we do in mineral processing. They guide us in equipment design, in systems layout, in wear protection etc. They are always around and they always have to be considered.

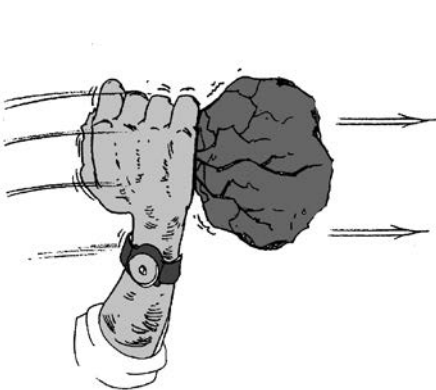
Tensile



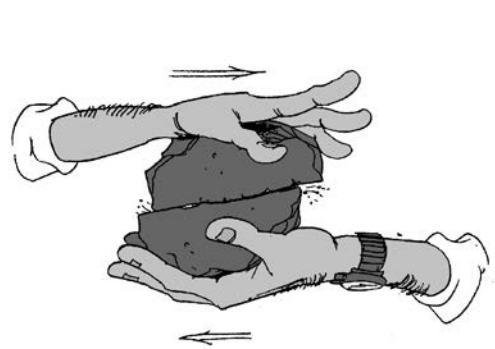
Compression



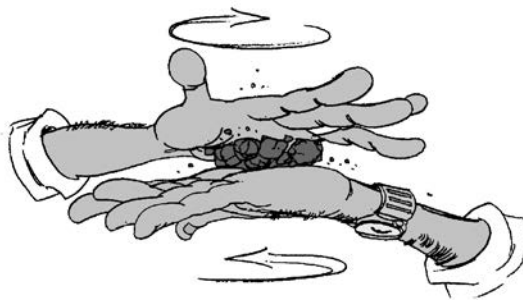
Impaction



Shearing



Attrition

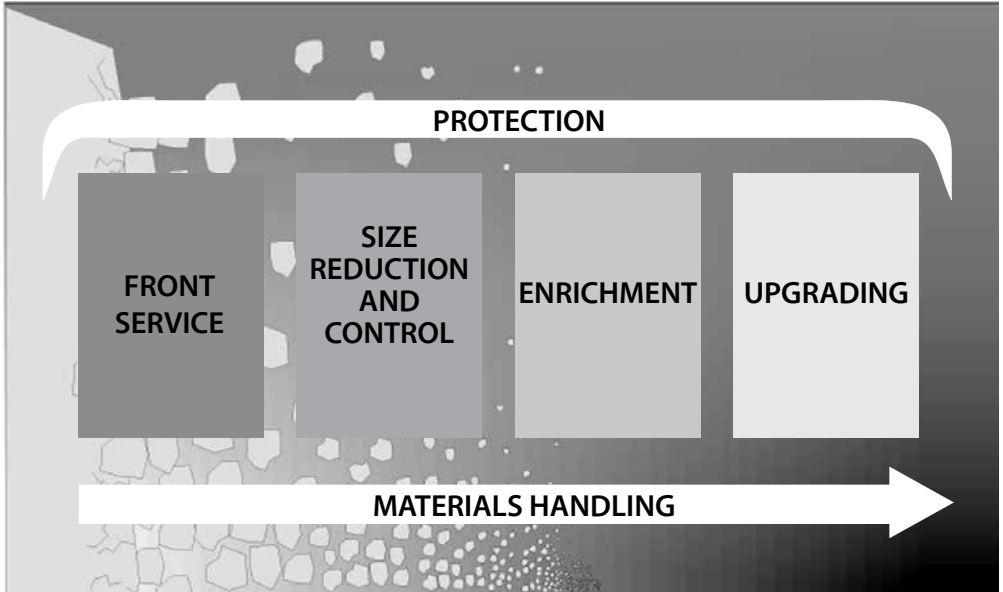




## Operation stages

The operating stages in minerals processing have remained the same for thousands of years. Of course we have come far in development of equipment and processes since then, but the hard, abrasive and inhomogeneous mineral crystals have to be treated in special ways in order to extract maximum value out of each size fraction.

The operation pattern below has been used since the days of “mineralis antiqua”



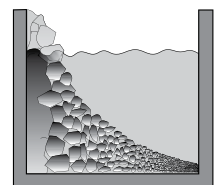
<b>Front service:</b>	Starting point of mineral processing
<b>Size reduction &amp; control:</b>	Processes to produce requested size distributions from feed material
<b>Enrichment:</b>	Processes to improve value of minerals by washing and/or separation
<b>Upgrading:</b>	Processes to produce requested end products from value and waste minerals.
<b>Materials handling:</b>	Operations for moving the processes forward with a minimum of flow disturbances
<b>Protection:</b>	Measures to protect the process environment above from wear and emissions of dust and sound

## Operation – Dry or wet ?



### Dry processing

- When no water is needed for processing
- When no water is allowed for processing



### Wet processing

- In all other cases due to:
- Better efficiency
  - More compact installation
  - No dusting

Note! Wear rate is generally higher in wet processing!

### *Mining and quarry fronts*

The mining and quarry fronts are the starting points for recovery of rock and mineral values from surface and underground deposits.

Operations are drilling (blasting), primary crushing (optional) and materials handling, dry and wet.

#### *Mining and quarrying*



*Open pit*

#### *Underground*



### *Natural fronts*

In the glacial, alluvial and marine fronts nature has done most of the primary size reduction work.

Raw material such as gravel, sand and clay are important for processing of construction ballast, metals and industrial mineral fillers.

Operations are materials handling (wet and dry) and front crushing (optional).



#### *Glacial*

Glacial sand and gravel occur in areas which are – or have been – covered by ice. The material is rounded and completely unsorted with an heterogeneous size distribution which ranges from boulders larger than 1 m (3 ft) down to silt (2-20 microns). Clay contamination is concentrated in well defined layers.



### *Alluvial*

The size of alluvial sand and gravel depends on the flow velocity of the water, among other things. Normally the maximum size is around 100 mm (4"). Alluvial sand and gravel have a homogeneous size distribution and larger particles often have high silica content. The clay content is often high, normally in the range of 5 to 15 %. Alluvial fronts are in certain areas hosting gold, tin and precious stones.



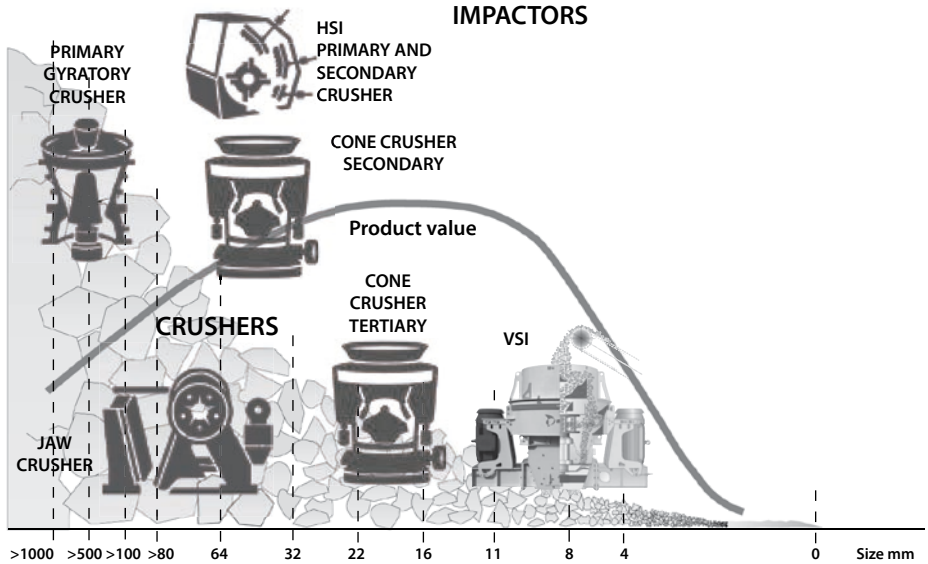
### *Marine*

Marine sand and gravel often have a more limited size distribution than other types of sand and gravel. The minerals in marine sand and gravel have survived thousands – or even millions of years – of natural attrition, from erosion in the mountain ranges and grinding during transport down to the sea. The particles have become well rounded and the clay content is extremely low. Marine fronts are in certain areas hosting heavy minerals like hematite, magnetite, rutile a.o.

## Size reduction

### Crushing of rock and minerals

By tonnage this is by far the largest process operation in minerals processing. The goal is to produce rock or (more seldom) mineral fractions to be used as rock fill or ballast material for concrete and asphalt production. Quality parameters are normally strength, size and shape. The size fractions, see below, are priced according to defined size intervals and can be reached by crushing only, see section 3.



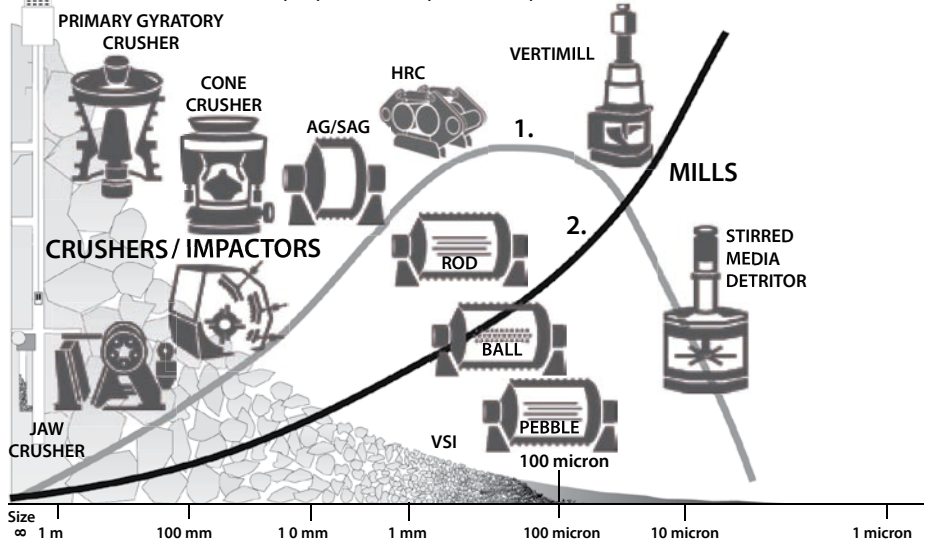
### Crushing and grinding of ore and minerals

Size reduction of ores is normally done in order to liberate the value minerals from the host rock. This means that we must reach the liberation size, normally in the interval 100 – 10 micron, see value curve 1 above.

If the raw material is a single mineral (Calcite, Feldspar a.o.) the value normally lays in the production of very fine powder (filler), see value curve 2 below.

In order to maximise the value in size reduction of rock and minerals, see below, we need both crushing and grinding in various combinations, see section 3.

*The equipment shown below is a general application range. The actual range depends on the material properties and process requirements.*

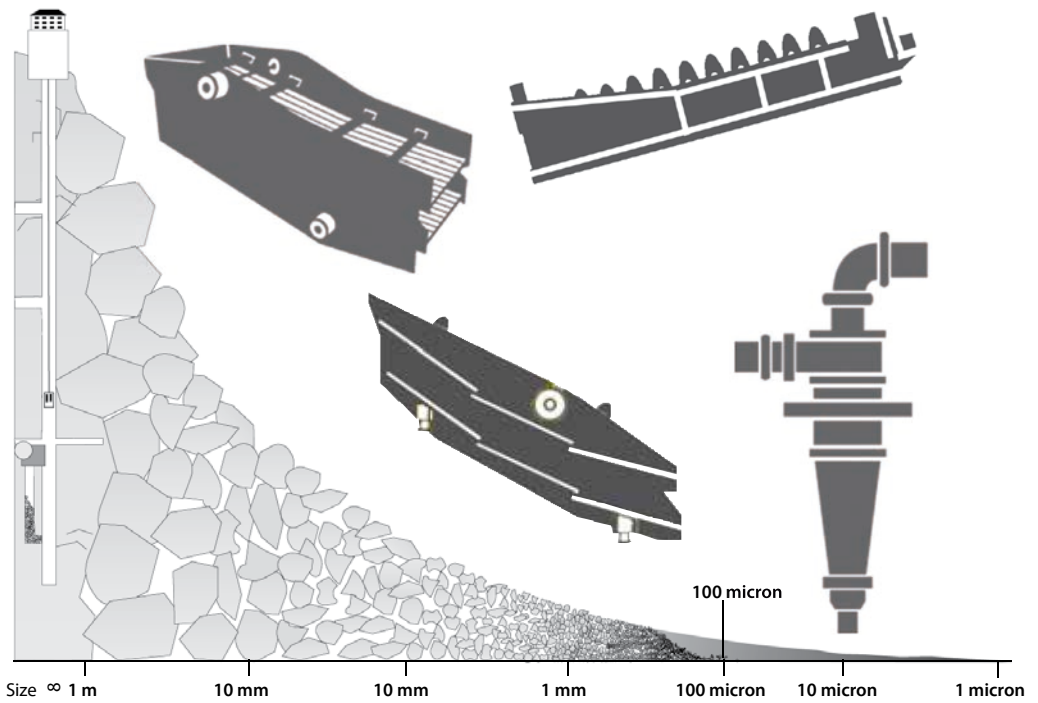


## Size control

Neither crushers nor grinding mills are very precise when it comes to the correct sizing of the end products. The reason is to find partly in the variation of the mineral crystals compounds (hard-soft, abrasive – non abrasive), partly in the design and performance of the equipment.

**Size control** is the tool for improvement of the size fractions in the process stages and in the final products.

For the coarser part of the process, screens are used (in practise above 1-2 mm). In the finer part we have to use classification with spiral classifiers, see section 4.



## Enrichment – Washing

Washing is the simplest method of enrichment used to improve the value of rock and mineral fractions from sand size and upwards. Removing of surface impurities like clay, dust, organics or salts is often a must for a saleable product.

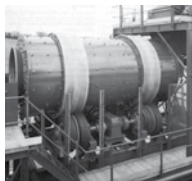
Different techniques are used depending on how hard these impurities are attached to the rock or mineral surface, see section 5.

### Washing using

Wet screens\*



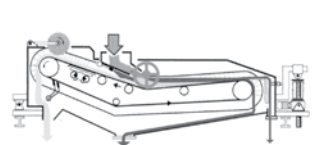
Scrubbers\*



Attrition cells\*



Gravity beds\*

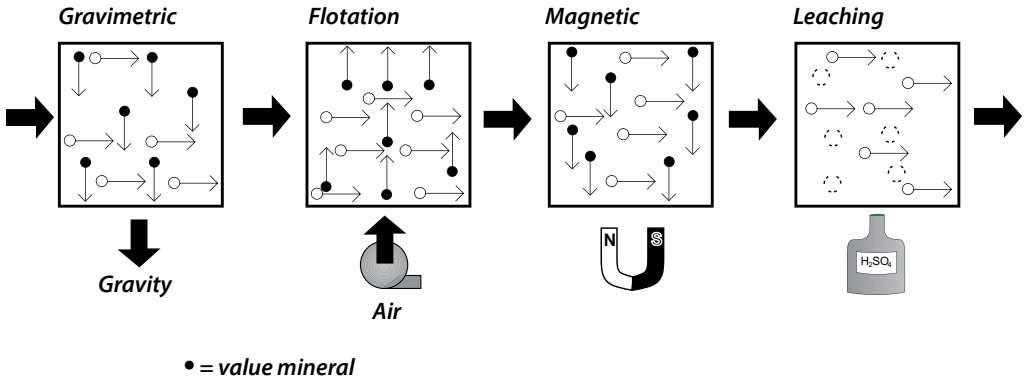


\* Contact Metso for further information.

## Enrichment – Separation

Most value minerals (both metallic and industrial) are priced by their purity. After liberation by size reduction and size control all minerals are free to be separated from each other.

Depending on the properties of the individual minerals they can be recovered by different methods of separation, see section 5.



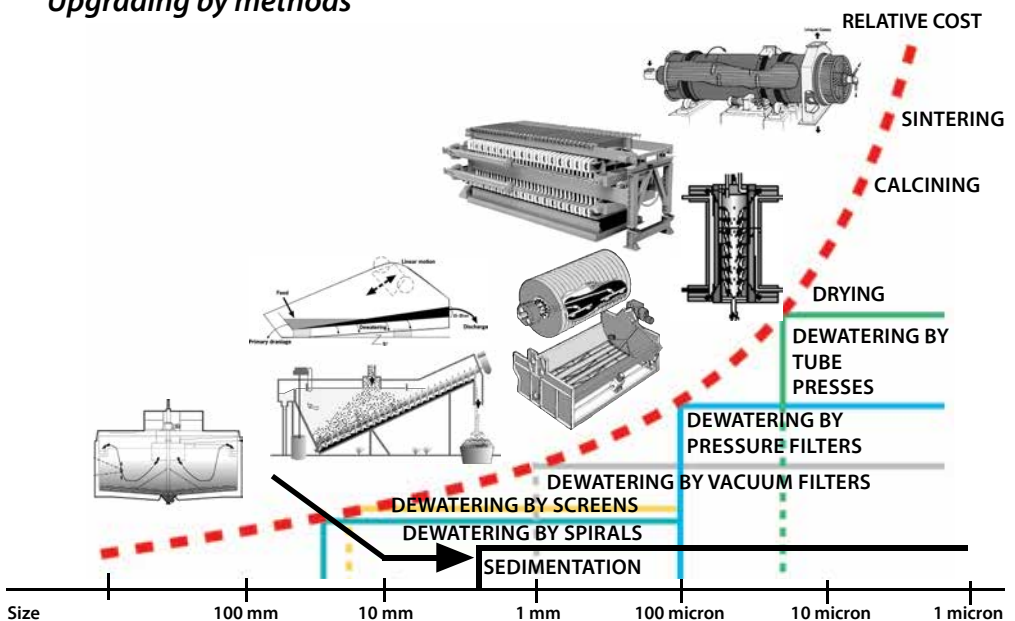
## Upgrading

After the enrichment operation we end up with a value product (concentrate) and a non-value product (tailings).

These products are probably not sellable nor disposable due to the content of process water, particle size, or chemical composition.

By upgrading we mean the methods of increasing the value of these products by sedimentation, mechanical dewatering, drying, calcining or sintering and recovering the process water from the tailings, making them disposable, see section 6.

### Upgrading by methods



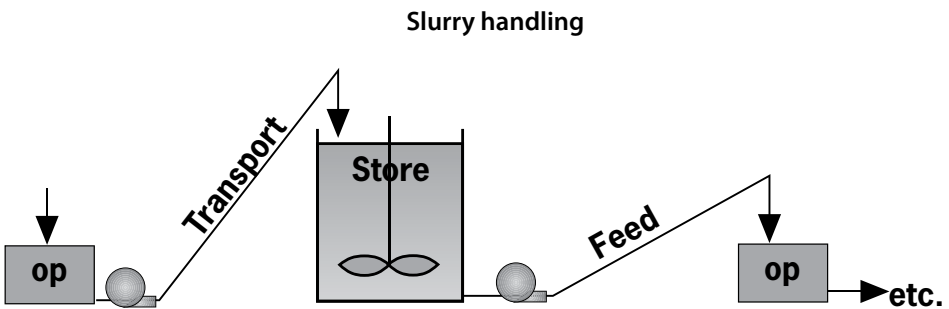
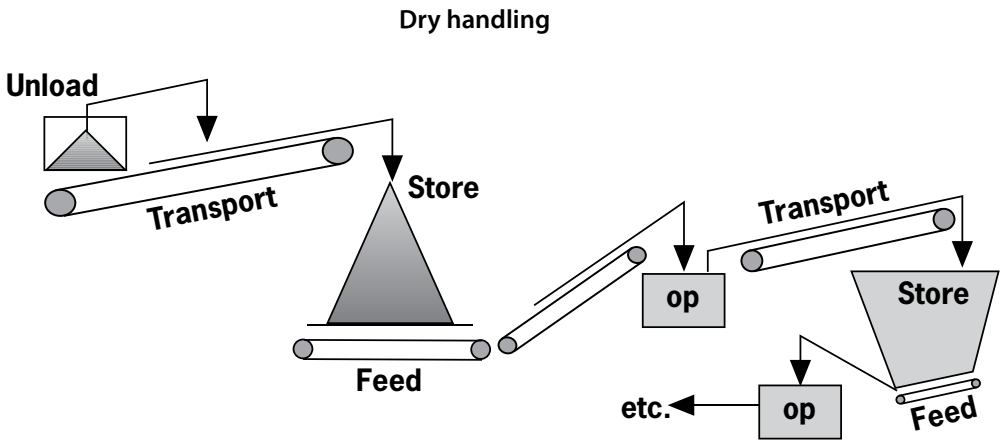


## Materials handling

Without a proper set up for materials handling no processing system will perform. Different process stages may be in various locations, may have various feed conditions, are on different shift cycles etc.

**Materials handling** of dry material is based on the operations of loading, unloading, transportation, storing and feeding, see section 7.

Materials handling of wet material, called **slurry handling** is also based on the operations of transportation (by slurry pumps and hoses), feeding (by slurry pumps) and storage (by slurry agitation), see section 8.



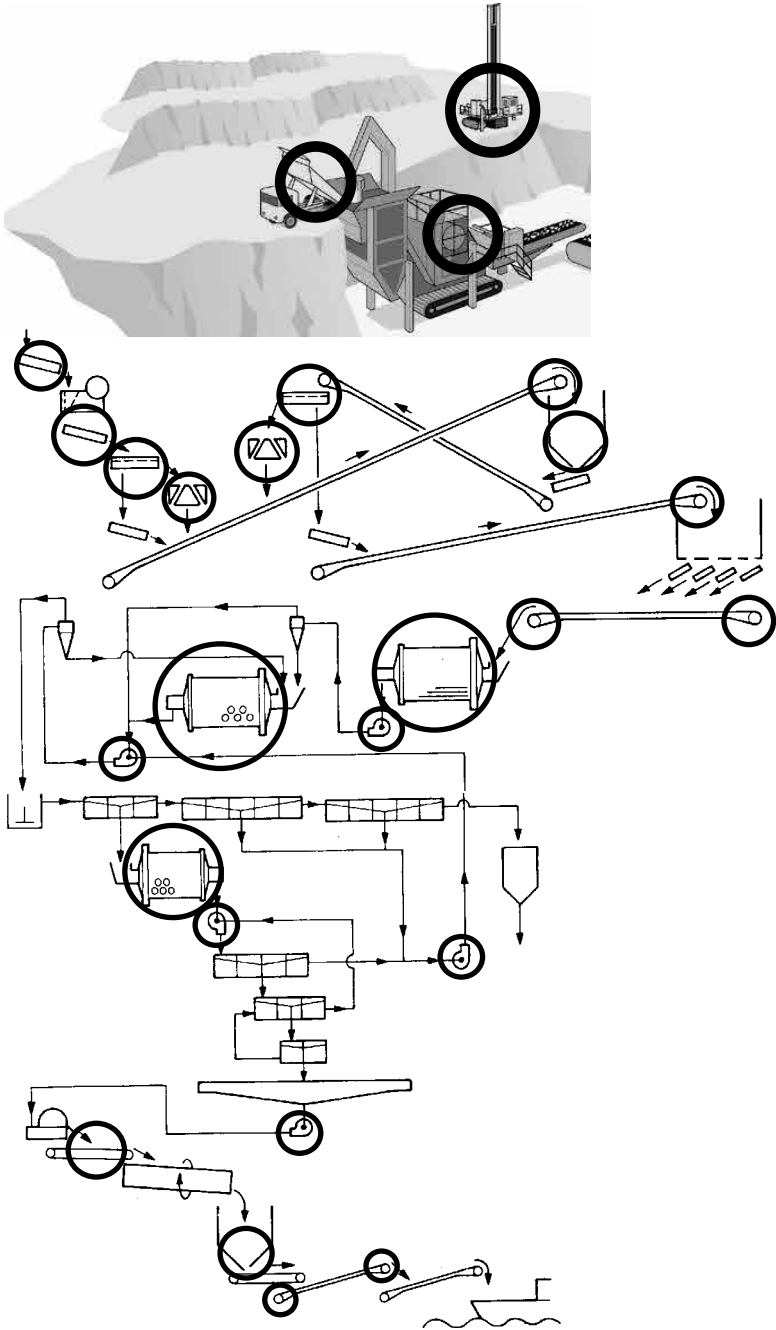
### *Wear in operation*

Whenever energy in any form penetrates rock, ore or mineral, wear will appear.

There is of course a difference whether the minerals are hard or soft, small or large, abrasive or non-abrasive, wet or dry, but wear will always be around.

Both machines and structures must be protected from wear using metals, polymers or compound material.

See section 9, wear in operation.



## Operation and environment

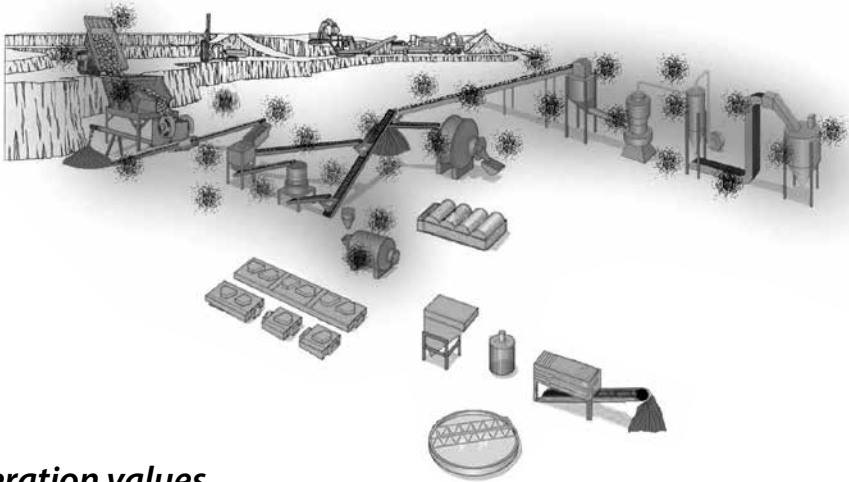
If wear is dangerous for equipment and structures, dust and noise is primarily a danger to the operators.

**Dust** is a problem to both equipment and operators in dry processing

**Noise** is a problem to operators both in wet and dry processing.

By tradition, the environment in mineral processing has a bad reputation.

This is now changing fast due to harder restrictions by law and harder demands from the operators, see section 10, Operation and environment.



## Operation values

Prices for products from your operation are seldom set by yourself, but by the market buying them. There is always a possibility to increase the income from your operation by **added values** generated by the operation itself.

- **By improving the output we can increase the product volumes**
- **By improving the quality we can increase the price of our products**
- **By improving the cost control we can reduce our costs of operation**
- **By improving the comfort for our operators we can improve motivation and reduce disturbances in operation**

This can be done by small adjustments, by improved service or by reinvestment in more effective equipment, see all sections.

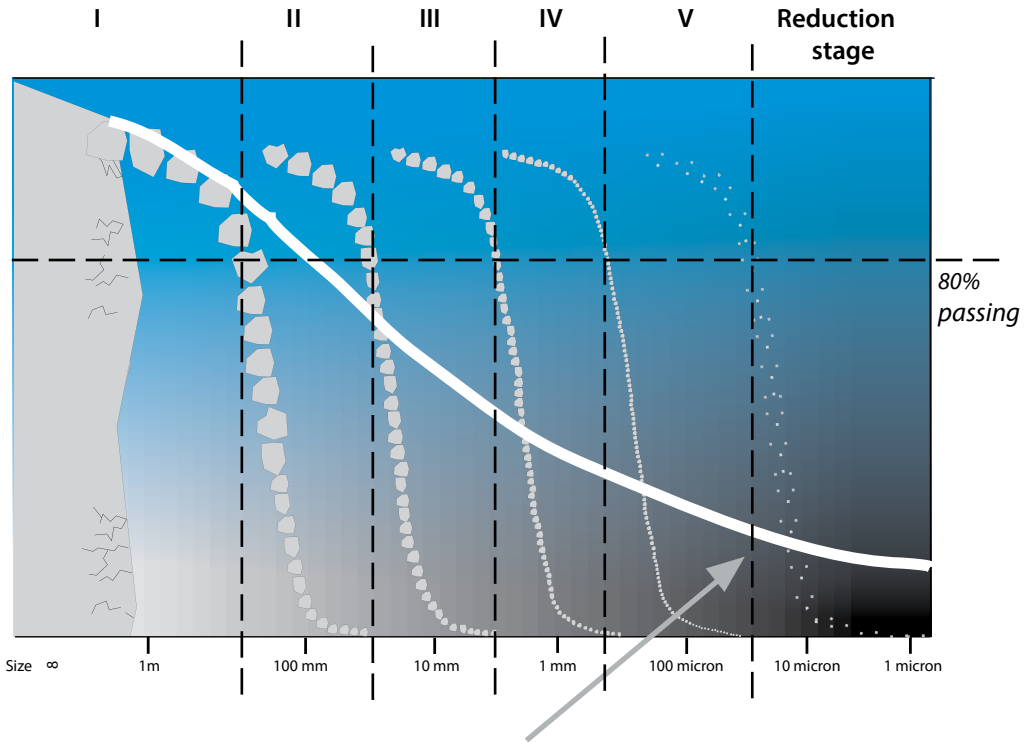
### Added value in operation

VOLUME	x	PRICE	-	COSTS	+	MOTIVATION = \$
Output		Quality		Cost control		Comfort
AVAILABILITY (up time)		SIZE / SHAPE		CAPITAL		SECURITY
CAPACITY		PURITY / RECOVERY		ENERGY		ENVIRON- MENT
FLEXIBILITY		COMPAC- TION / DENSITY		MATERIAL		RELATIONS



## The size reduction process

Minerals being crystals have a tendency to break into endless numbers of sizes and shapes every time they are introduced to energy. The difficulty in size reduction lays in the art of limiting the number of over and under sizes produced during the reduction. If this is not controlled, the mineral will follow its natural crystal behaviour, normally ending up in over-representation of fines.



Size reduction behaviour of minerals - by nature

### Note!

There is a large benefit to flotation and separation if there is a steep size distribution of the feed to these processes. So, the trick when producing quality products from rock or minerals (fillers excepted) is to keep the size reduction curves in the later stages as steep as possible. Normally that is what we get paid for – **the shorter or more narrow fraction – the more value!**

To achieve that goal we need to select the correct equipment out of the repertoire for size reduction in a proper way.

They are all different when it comes to reduction technique, reduction ratio, feed size etc. and have to be combined in the optimum way to reach or come close to the requested size interval for the end product.

## Size reduction

### Feed material

All operations in size reduction, both crushing and grinding are of course determined by the feed characteristics of the minerals (rock/ore) moving into the circuit. The key parameters we need are the “crushability or grindability”, also called **work index** and the “wear profile”, called **abrasion index**. Values for some typical feed materials from crushing of rocks, minerals and ore are tabulated below.

#### Impact Work Index $W_i$ , kWh/sh.ton      Abrasion index = $A_i$

Material	Wi value		
Basalt	20	±	4
Diabase	19	±	4
Dolomite	12	±	3
Iron-ore, Hematite	13	±	8
Iron-ore, Magnetite	12	±	8
Gabbro	20	±	3
Gneiss	16	±	4
Granite	16	±	6
Greywacke	18	±	3
Limestone	12	±	3
Quartzite	16	±	3
Porphyry	18	±	3
Sandstone	10	±	3
Syenite	19	±	4

Material	Ai value		
Basalt	0,200	±	0,20
Diabase	0,300	±	0,10
Dolomite	0,010	±	0,05
Iron-ore, Hematite	0,500	±	0,30
Iron-ore, Magnetite	0,200	±	0,10
Gabbro	0,400	±	0,10
Gneiss	0,500	±	0,10
Granite	0,550	±	0,10
Greywacke	0,300	±	0,10
Limestone	0,001	–	0,03
Quartzite	0,750	±	0,10
Porphyry	0,100	–	0,90
Sandstone	0,600	±	0,20
Syenite	0,400	±	0,10

#### INFLUENCING

- Size reduction
- Energy requirement
- Machine status

#### INFLUENCING

- Wear rate

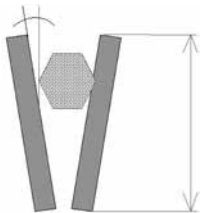
Regarding Work Index (Bond) for grinding, see 3:40.

### Reduction ratio

As seen above all size reduction operations are performed in stages. All equipment involved, crushers or grinding mills have different relation between feed and discharge sizes. This is called **reduction ratio**. Typical values below.

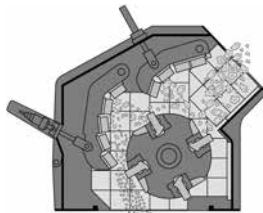
Note! High reduction ratio is generally inefficient. For maximum energy efficiency, we recommend multiple stages of grinding

#### Compression crushers



Jaw 3-4  
Gyratory 3-5  
Cone 3-5

#### Impactors (horizontal type)



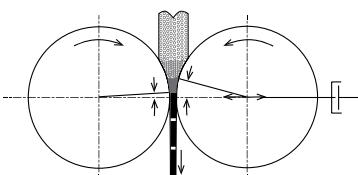
4-8

#### Impactors (vertical type)



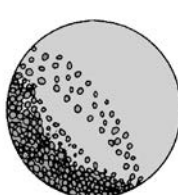
2-5

#### High pressure grinding rolls



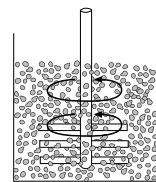
25

#### Grinding mills (tumbling type)



Rod 100  
Ball 1000  
AG & SAG 5000

#### Stirred grinding mills



100

## The art of crushing

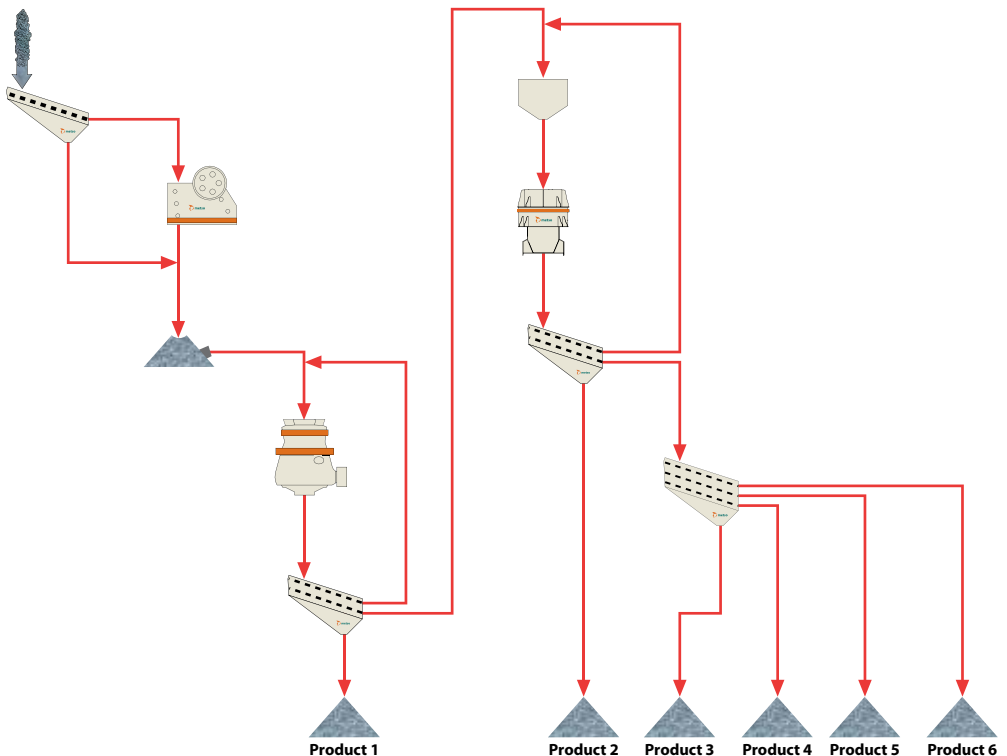
Crushing means different things for different operations and the production goals are not always equal.

Crushing rock	Crushing gravel	Crushing ore
Limited reduction	Limited reduction	Maximum reduction
Cubical shape	Cubical shape	Shape of no importance
Over and undersize important	Over and undersize important	Over and under size of minor importance
Flexibility	Flexibility	Flexibility of minor importance
Crushing and screening	Less crushing - more screening	More crushing - less screening
		Low production costs High utilisation

## Crushing of rock and gravel

In the ballast business you are normally paid for short fractions of relatively coarse material with the correct size and shape. Most of the ballast for concrete and asphalt is in the 4 - 18 mm ( $1/5 - 3/4''$ ) interval.

In order to produce the correct shape and keep over- and under sizes as low as possible this crushing must be done in several stages (3 - 5).



## Size reduction

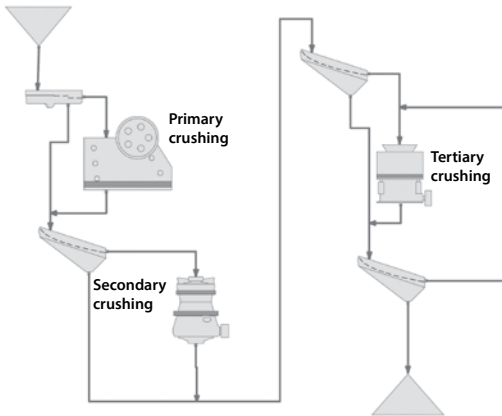
### Crushing of ore and minerals

In these operations the value is achieved at the fine end, say below 100 micron (150 mesh).

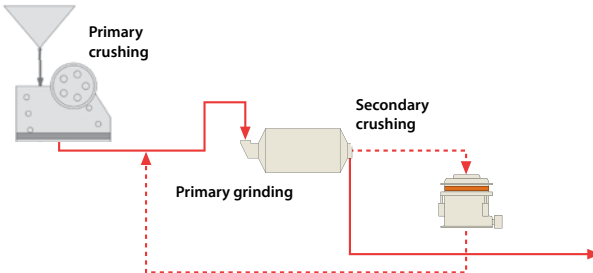
Normally the size reduction by crushing is of limited importance besides the top size of the product going to grinding.

This means that the number of crushing stages can be reduced depending on the feed size accepted by primary grinding stage.

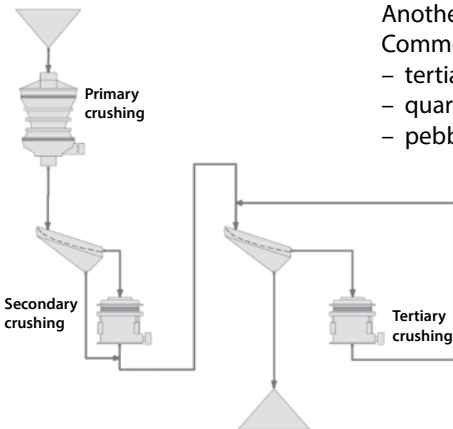
#### "Classical" 3-stage crushing prior to rod mill



#### Typical 1-2 stage ore crushing in AG-SAG circuit



#### Typical 3-stage crushing prior to ball mill

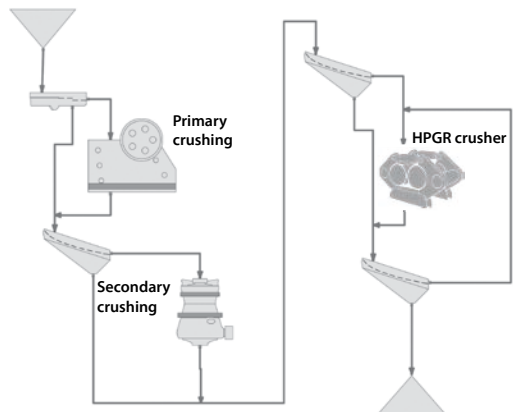


#### 3-stage crushing utilizing an HPGR prior to a rod mill or ball mill

Another option is including HPGRs in the crushing circuit.

Commons circuits include utilizing HPGRs as a:

- tertiary crusher, followed by a ball mill or VERTIMILL®
- quarternary crusher, followed by a ball mill or VERTIMILL®
- pebble crusher in a SABC circuit





## Crushing – Calculation of reduction ratio

All crushers have a limited reduction ratio meaning that size reduction will take place in stages. The number of stages is guided by the size of the feed and the requested product, example see below.

**Feed material size:  $F_{80} = 400$  mm**  
 Blasted rock, 80% smaller than 400 mm

**Product size:  $P_{80} = 16$  mm**  
 Road aggregates or rod mill feed 80% smaller than 16 mm

Total reduction ratio (R)  $F_{80}/P_{80} 400/16 = 25$

Reduction ratio in the primary crushing stage  $R1 = 3$

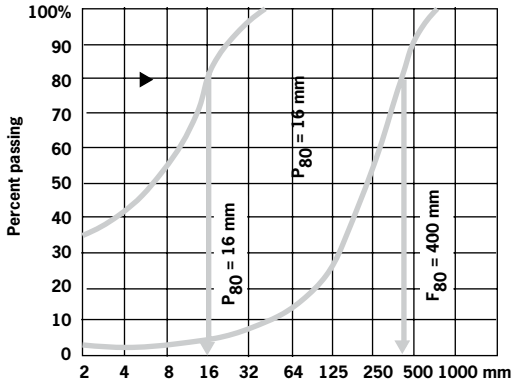
Reduction ratio in the secondary crushing stage  $R2 = 4$

Total in 2 crushing stages gives  
 $R1 \times R2 = 3 \times 4 = 12$

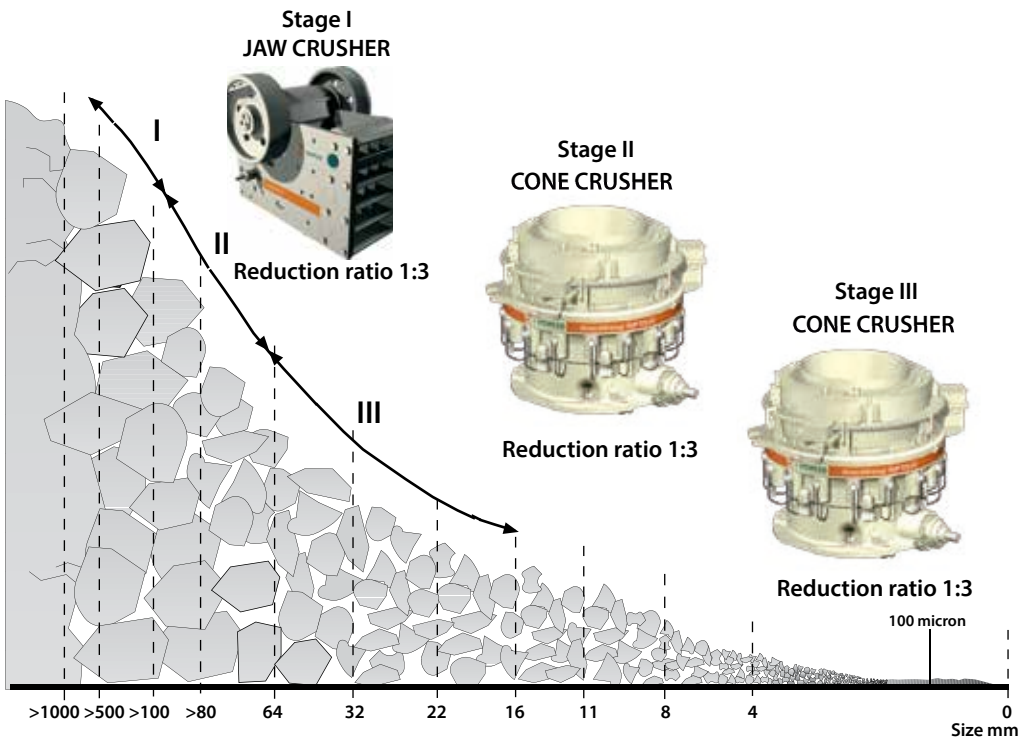
This is not sufficient. We need a third crushing stage.\*

For example: Reduction first stage  $R1 = 3$   
 Reduction second stage  $R2 = 3$   
 Reduction third stage  $R3 = 3$

Together these three stages give  $R1 \times R2 \times R3 = 3 \times 3 \times 3 = 27 =$  sufficient reduction



\*As we have to use three stages, we can reduce the reduction ratio a bit in every stage, giving more flexibility to the circuit!



**!** The same size reduction with soft feed (low Bond work index) is done with two stages of HSI (horizontal shaft impactors). With the increased reduction ratio capable in an impactor this process can be achieved in two stages, such as 6:1 and 5:1.

## Size reduction

### Selection of crushers

Knowing the number of crushing stages we can now start to select the correct crusher for each reduction stage. Depending on operating conditions, feed size, capacity, hardness etc, there are always some options. For primary crushers, see below.

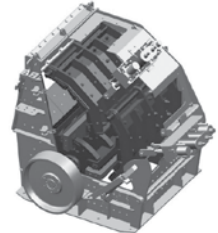
#### Stationary crushers – surface and underground



Primary Gyratory

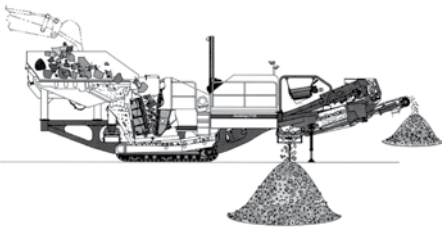


Jaw

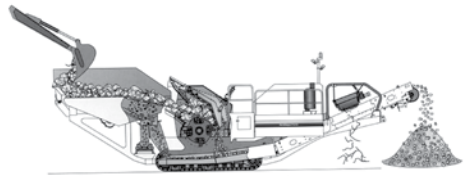


Impact

#### Mobile Crushers



Jaw + grizzly



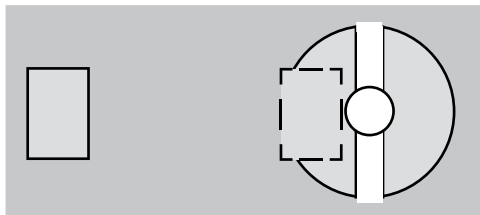
Impact + grizzly

For mobile crushers see further section 11:9

### Primary crusher – Type

For **soft feed and non-abarasive** feed (low Bond work index) a horizontal Impactor (HSI) is an option if the capacity is not too high.

For **harder feed** there is a choice between a gyratory or a jaw crusher, see below.



Feed opening  
Jaw crusher

Feed opening  
Gyratory crusher

Note: HSI can be used only if the abrasion index is lower and the plant does not mind fines production. Otherwise, a jaw crusher is preferred for lower capacity aggregate plants.)

**Rule 1:** Always use a jaw crusher if you can, jaws are the least capital cost.

**Rule 2:** For low capacity use jaw crusher and hydraulic hammer for oversize.

**Rule 3:** For high capacities (800-1500 tph) use jaw crusher with big intake opening.

**Rule 4:** For very high capacities (1200+ tph) use gyratory crusher.



Discharge opening  
Jaw crusher

Discharge opening  
Gyratory crusher

## Primary crusher – Sizing

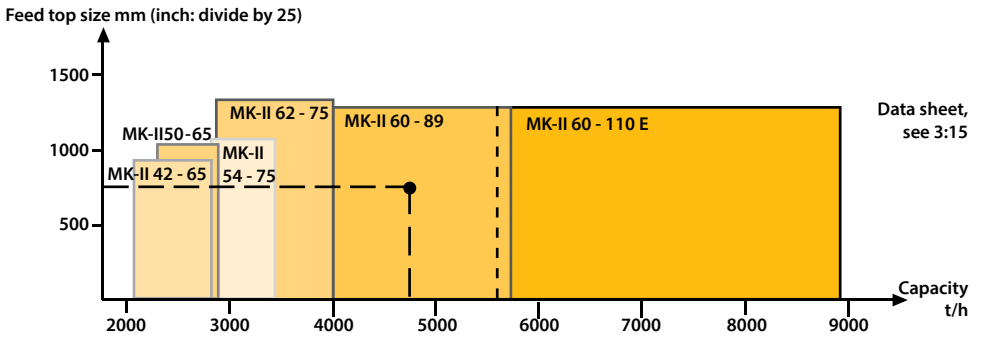
Crushers are normally sized from top size of feed. At a certain feed size, knowing the capacity, we can select the correct machine, see below.

A correct sizing of any crusher is not easy and the charts below can only be used for guidance.

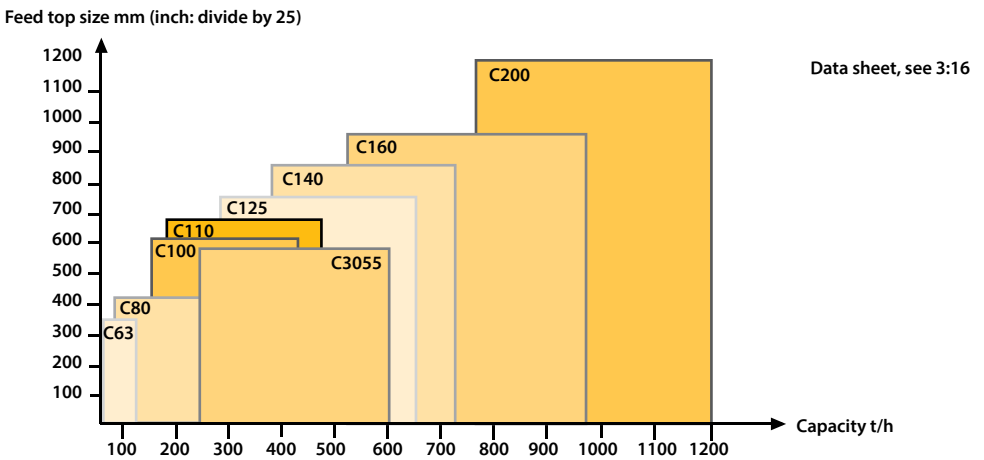
**Ex. Feed is a blasted hard rock ore with top size 750 mm. Capacity is 4750 t/h.**

- Which primary crusher can do the job?
- Check on the two compression machines below and take out the sizing point!
- Correct selection is Superior® MK-II Primary Gyrotory Crusher type MK-II 60-89

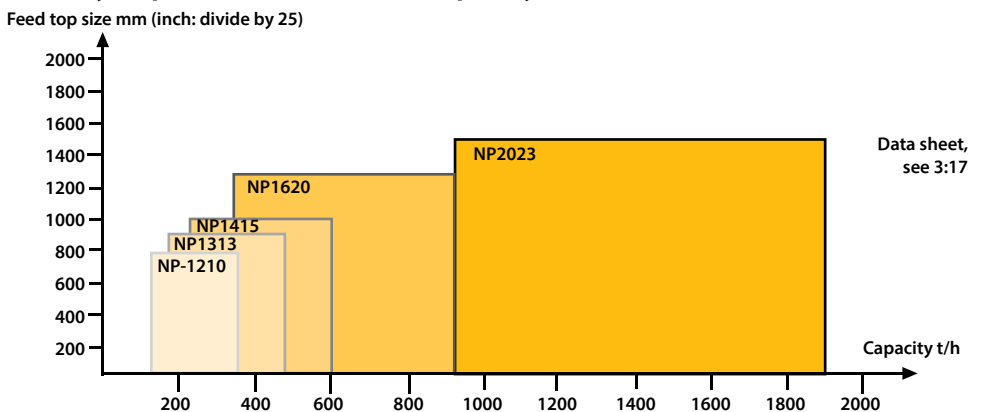
### Primary gyrotory – Feed size vs capacity



### Primary jaw crusher – Feed size vs capacity



### Primary impactor – Feed size vs capacity



## Size reduction

### Secondary crusher – Type

In a **rock crushing circuit**, the second stage normally starts to be of importance for control of size and shape.

Because of this the jaw crusher, in most cases, is disqualified as secondary crusher. Instead the cone crusher is used more frequently.

Also in comminution (crushing and grinding) circuits for ore and minerals the cone crusher is frequently used as the secondary stage, see 3:4.

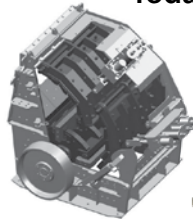
Using a secondary HSI means as always a restriction in feed hardness and abrasiveness.

#### Yesterday



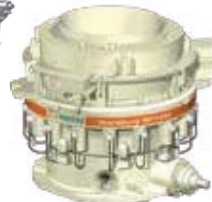
Jaw Crusher

#### Today



HSI

Limitations in  $W_i$  and  $A_i$



Cone Crusher

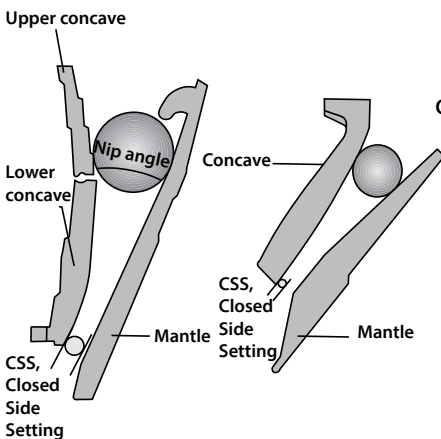
#### Demands

- Big feed opening
- High capacity
- Controlled feed
- Shape

### Cone crusher – A powerful concept

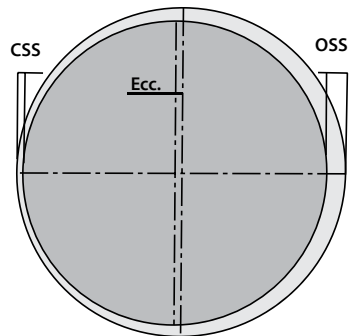
Compared to other crushers the cone crusher has some advantages making them very suitable for size reduction and shaping downstream a crushing circuit. Reason is the crushing chamber and the possibilities to change feed and discharge openings during operation.

#### Chamber geometry



Closed side setting (CSS)  
+  
Eccentric setting (Ecc.)  
=  
Open side setting (OSS)

#### Chamber settings



- Chamber intake to match feed size
- Each machine size has different chamber options (other crusher types have not)
- Each chamber has a certain feed size vs capacity relation
- Increased Ecc. (at the same CSS) will give higher capacity.
- Decreased CSS will improve reduction but will also reduce capacity and increase risk for packing

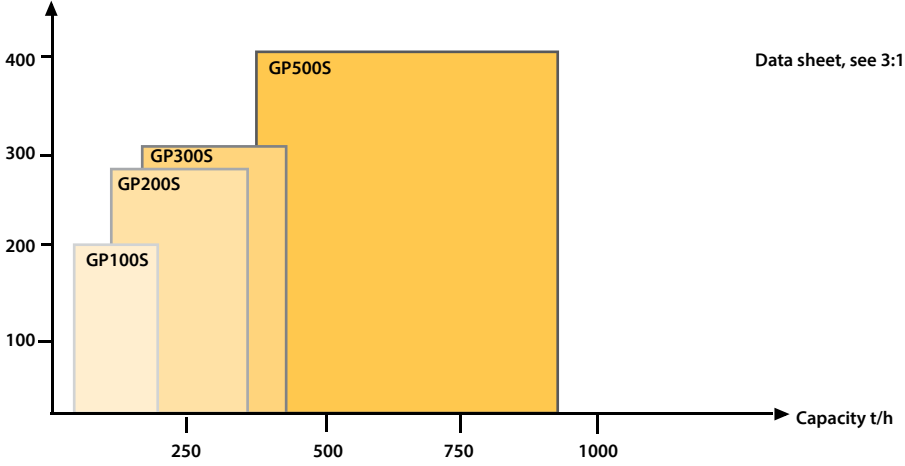
#### Approx. size of discharge:

From Cone 70-80% < CSS  
From Gyratory 85-95% < OSS

## Secondary crushers – Sizing

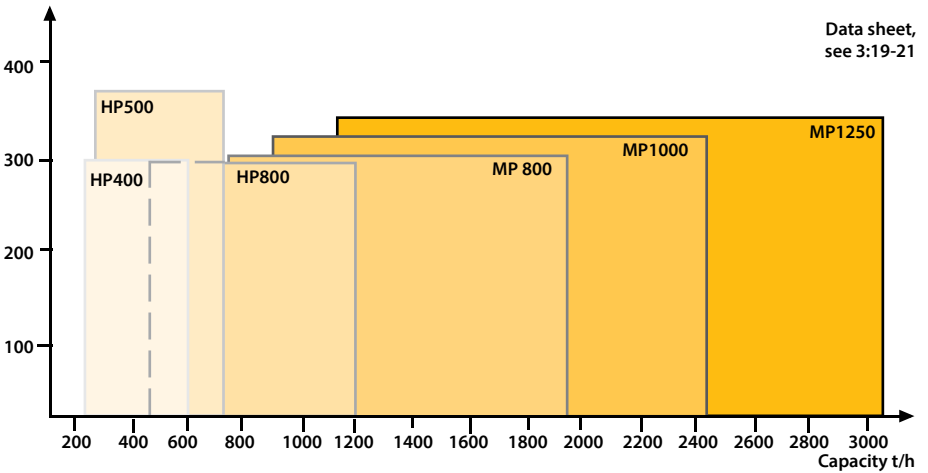
### Secondary crushers – Feed size vs capacity (GPS range)

Feed top size mm (inch: divide by 25)



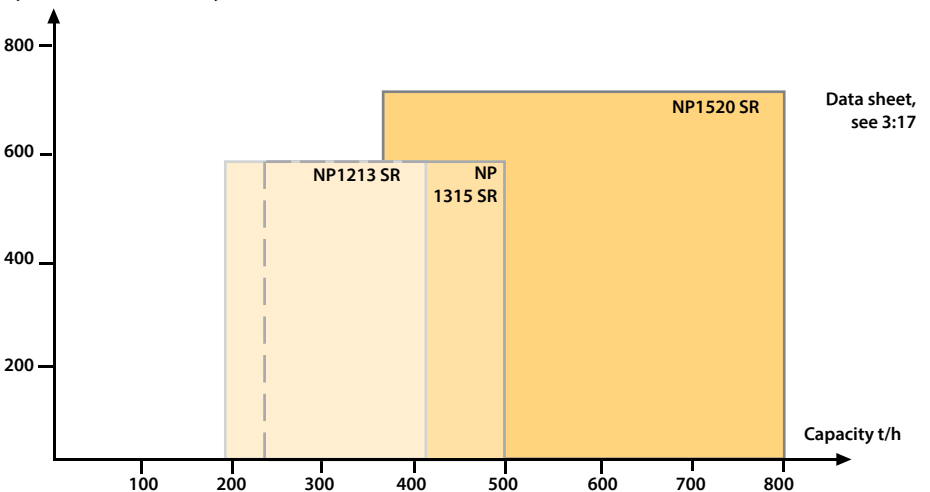
### Cone crusher – Feed size vs capacity (HP and MP range)

Feed top size mm (inch: divide by 25)



### Secondary impactor – Feed size vs capacity

Feed top size mm (inch: divide by 25)



## Size reduction

### ***Final crushing stage – More than just crushing***

For many rock and gravel crushing circuits the final crushing stage is of special interest.

The final sizing and shaping will take place in this stage influencing the value of the final product.

For hard, abrasive rock circuits Cone crushers, Vertical Shaft Impactors (VSI) or High Pressure Grinding Rolls (HPGRs) can be used.

#### ***Most common***



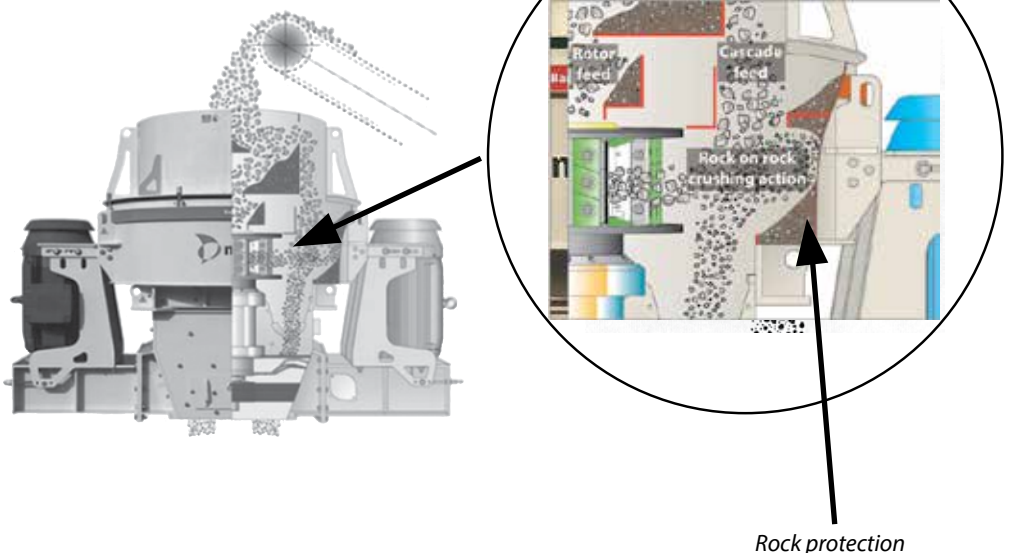
### ***VSI – A rock on rock autogeneous crushing impactor***

Horizontal impactors normally use rock to metal impaction. This means a restriction in crushing circuits with hard feed material, when wear can be dramatically high.

The VSI Impactor of Barmac type is using a **rock-to-rock** impaction technology where most of the design is protected by rock, see below. This means that we can use the advantages of the impaction techniques also in hard, abrasive rock operations.

The crushing action takes place in the “rock cloud” in the crushing chamber, not against the rock protection.

#### ***VSI – function***



## High Pressure Grinding Rolls (HPGRs) - HRC™

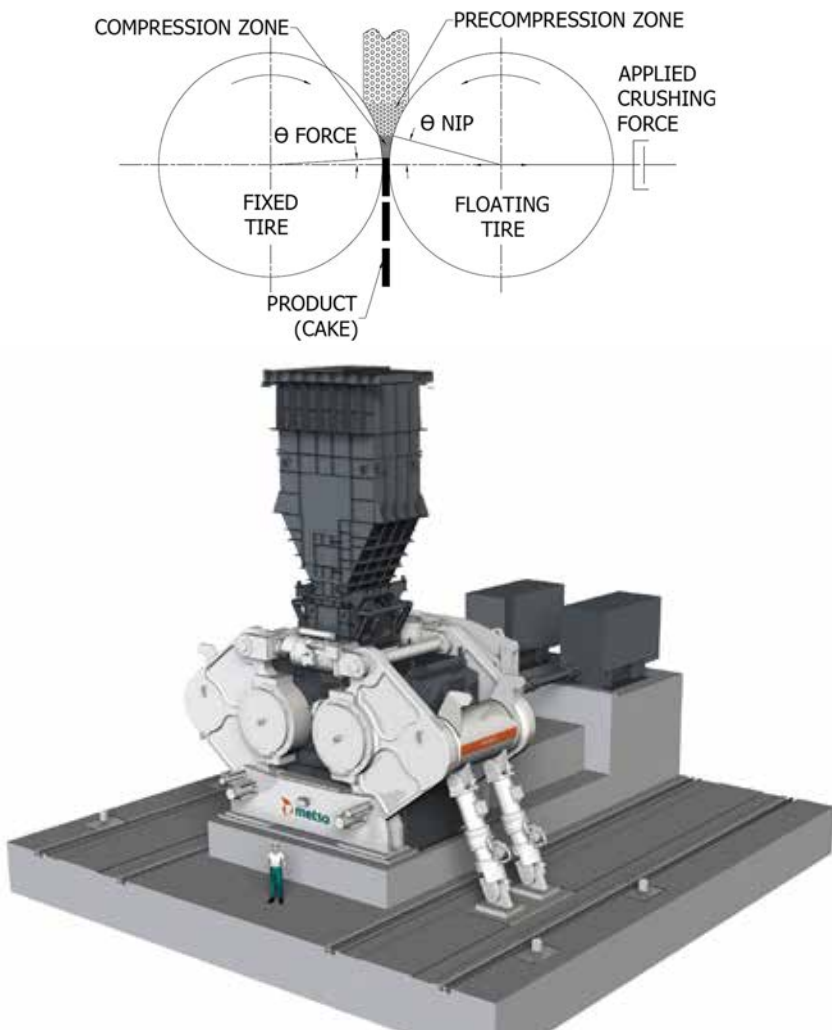
HPGRs utilize two counter-rotating tires – one fixed and one floating – in order to effectively crush ore. Hydraulic cylinders apply very high pressure to the system, causing inter-particle comminution as the feed travels between the two tires.

The basic operating principle behind HPGRs makes them very energy efficient:

The feed is introduced to the crushing zone, where high pressure is applied to the bed of material in a highly controlled manner.

- Dry
- Size reduction through compression, controlled application of pressure – energy efficient
- Open or closed circuit
- Flexible operating parameters (speed and pressure)
- No use of grinding media
- Short retention time
- Feed size restricted by operating gap, minus 90 mm depending on unit size
- Low noise level
- Low operating cost

Data sheet, see 3:24



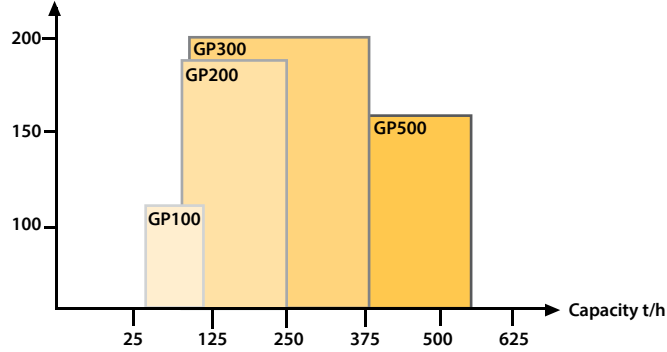
## Size reduction

### Final crusher – Sizing

#### Tertiary cone crushers – GP\* series – Feed size vs capacity

Feed top size mm (inch: Divide by 25)

\*Feed top size at minimum setting 10 mm and coarse liner profile

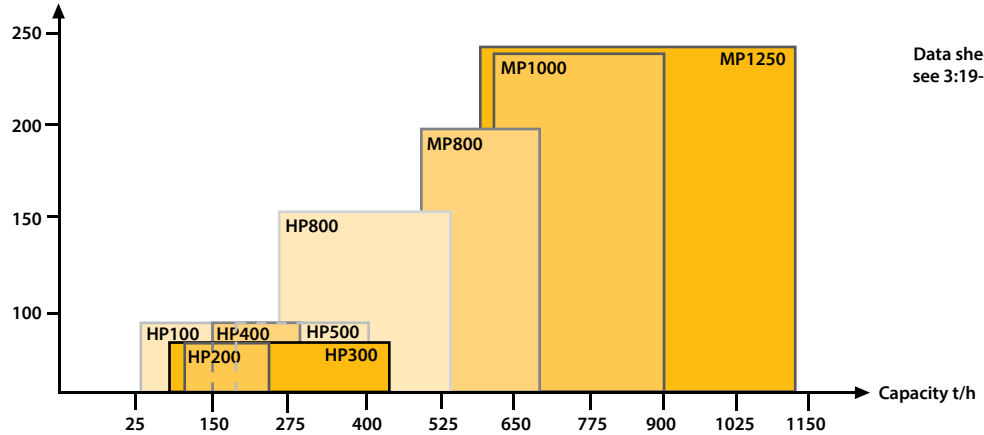


Data sheet, see 3:22

#### Tertiary cone crushers – HP\* and MP\* series – Feed size vs capacity

Feed top size mm (inch: Divide by 25)

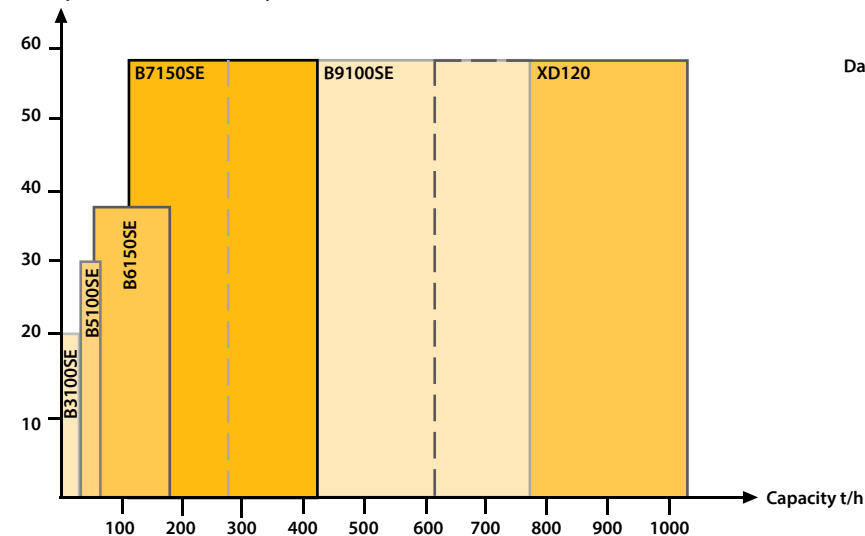
\*Feed top size at 19 mm setting for HP 800, MP 800 - 1250



Data sheet, see 3:19-21

#### VSI crusher – Feed size vs capacity

Feed top size mm (inch: Divide by 25)



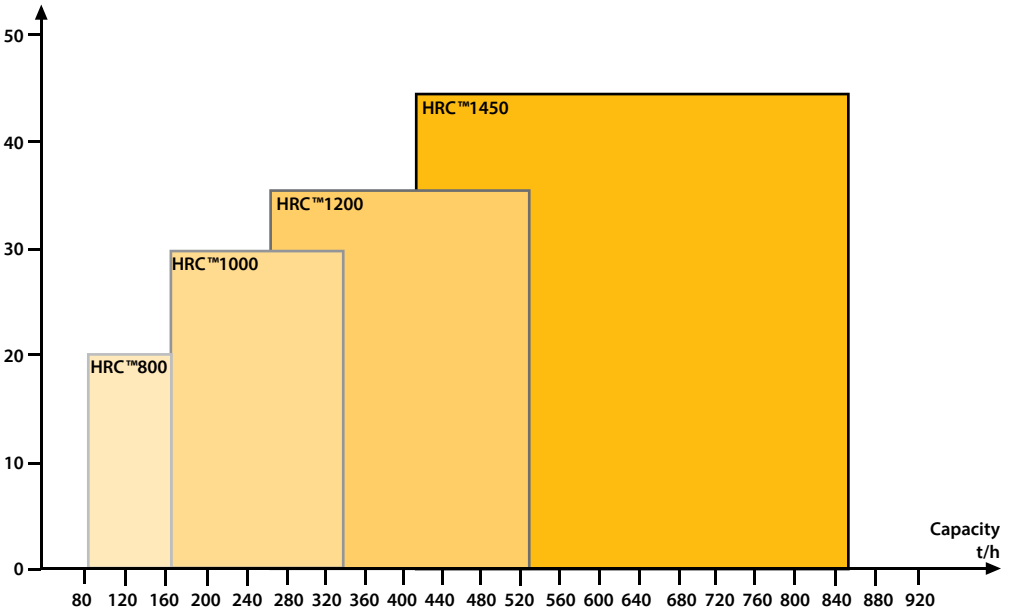
Data sheet, see 3:23



**HPGR - HRC™ 800 - 1450 – Feed size vs capacity**

Feed top size mm (inch: Divide by 25)

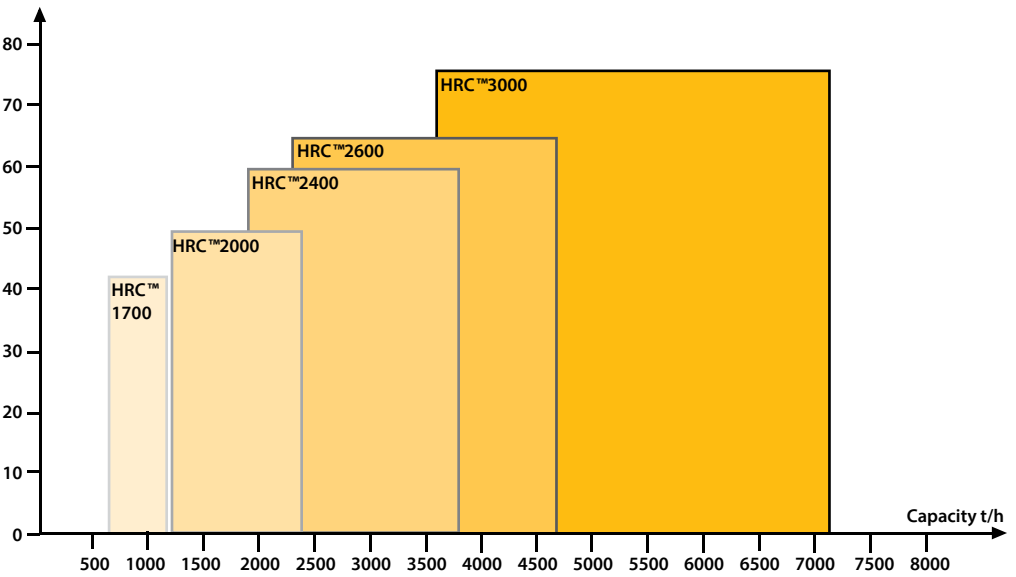
Data sheet, see 3:24



**HPGR - HRC™ 1700 - 3000 – Feed size vs capacity**

Feed top size mm (inch: Divide by 25)

Data sheet, 3:24

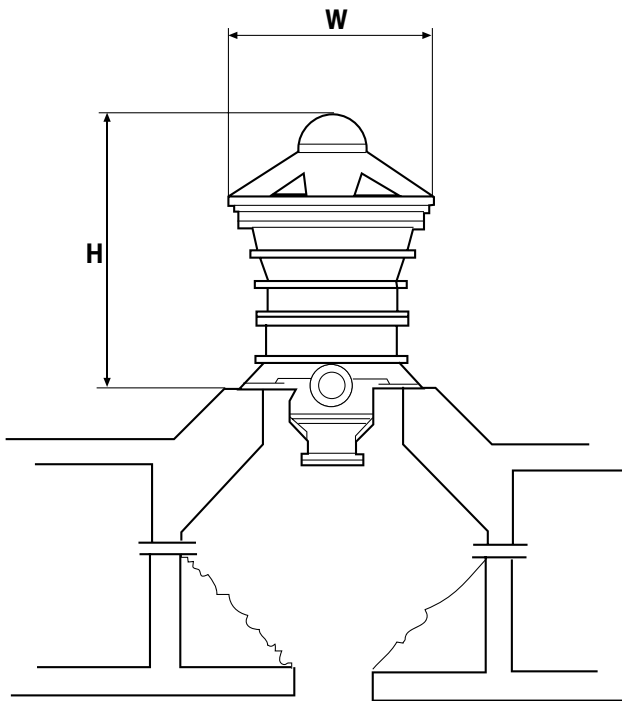


### *Wet crushing prior to grinding\**

**WaterFlush** is a patented wet crushing process for producing a flakier finer product from specially designed cone crushers. The method is intended for mining applications comprising secondary crushing, sand manufacturing and fine crushing of ore prior to leaching. The typically crusher discharge is a slurry of 30 to 70% solids. The flakier feed brakes easily in the following grinding mill. WaterFlush can be an alternative to conventional crushing prior to grinding in applications with critical-size-build-up problems in the grinding circuits of type AG/SAG and Pebble mill, see grinding page 3:26-27.

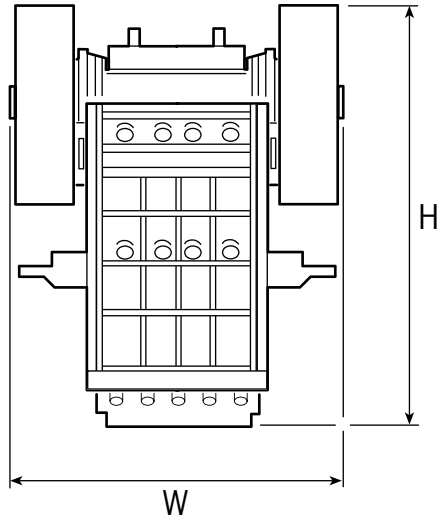
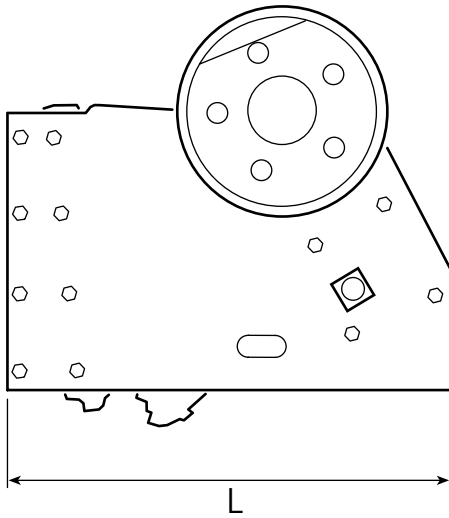
\*Not available from Metso

**Gyratory crusher – SUPERIOR® MK-II Primary**



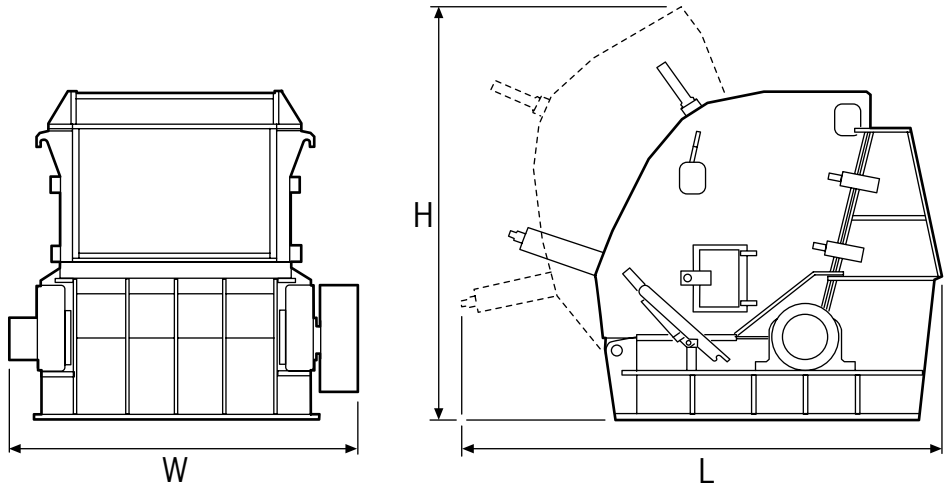
Size reduction

Type	H mm (inch)	W mm (inch)	Weight mt (U.S. t)	Max. power kW (Hp)
MK-II 42-65	4807 (189.3)	3937 (155.0)	120 (132)	375 (500)
MK-II 50-65	5513 (217.0)	4458 (175.5)	153 (168)	375 (500)
MK-II 54-75	5957 (234.5)	4928 (194.0)	242 (266)	450 (600)
MK-II 62-75	6633 (261.1)	5574 (219.4)	299 (328)	450 (600)
MK-II 60-89	7474 (294.3)	5588 (220.0)	398 (438)	600 (800)
MK-II 60-110E	7518 (296.0)	6197 (244.0)	553 (609)	1200 (1600)

*Jaw crusher – C series*

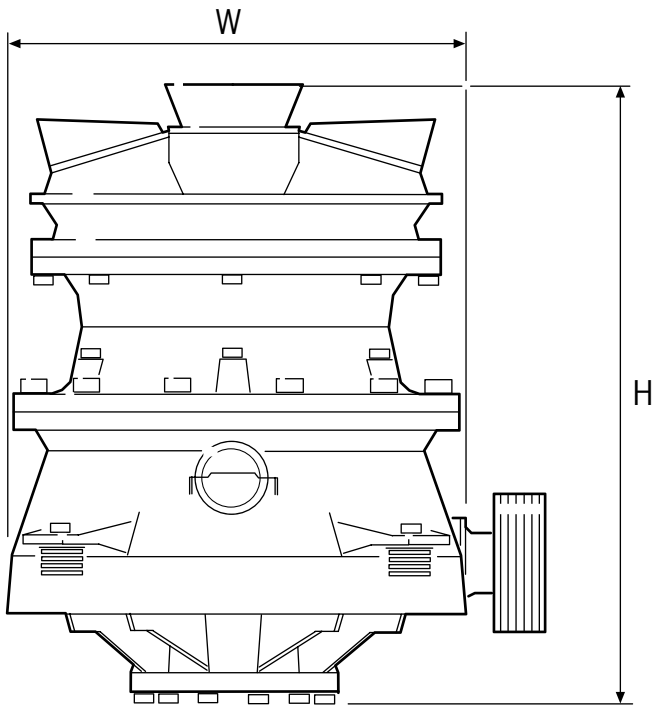
Type	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight mt (US ton)	kW/Hp Max. power
C 63	1 600 (63)	1 950 (77)	1 390 (55)	5 (6)	45/60
C 80	1 700 (67)	2 020 (80)	1 565 (62)	7 (8)	75/100
C 100	2 400 (95)	2 880 (113)	2 250 (89)	18 (20)	110/150
C 105	2 050 (81)	2 630 (104)	1 920 (76)	13 (14)	110/150
C 110	2 670 (105)	2 830 (112)	2 385 (94)	23 (25)	160/200
C 125	2 900 (114)	3 370 (133)	2 690 (106)	33 (36)	160/200
C 140	3 060 (121)	3 645 (144)	2 890 (114)	41 (45)	200/250
C 145	3 330 (131)	3 855 (152)	2 870 (113)	49 (54)	200/250
C 160	3 550 (140)	4 200 (165)	3 180 (125)	63 (69)	250/300
C 200	4 220 (166)	4 870 (192)	3 890 (153)	107 (118)	400/500
C 3055	2 400 (95)	2 920 (115)	2 550 (100)	24 (26)	160/200

**Impact crusher – NP series**



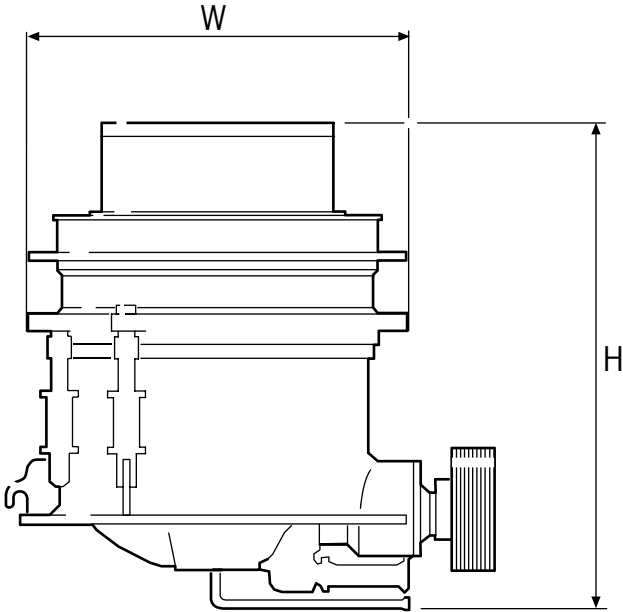
Size reduction

Type	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight mt (US ton)	kW/Hp Max. power
NP 1110	2 716 (107)	3 487 (137)	2 106 (83)	8 (9)	250/350
NP1213	2 882 (114)	3 875 (153)	2 529 (100)	12 (13)	315/400
NP1315	3 055 (120)	4 030 (159)	2 750 (108)	15 (16)	500 (2x250)/700 (2x350)
NP1520	3 540 (139)	4 703 (186)	3 400 (134)	24 (27)	1200 (2x600)/1600 (2x800)
NP 1313	3 405 (134)	3 396 (134)	2 560 (101)	16 (18)	200/250
NP 1415	3 600 (142)	3 395 (134)	2 790 (110)	20 (22)	250/350
NP 1620	4 400 (173)	3 935 (155)	3 600 (142)	36 (40)	315/400
NP 2023	5 700 (224)	5 040 (198)	4 330 (171)	67 (74)	500 (2x250)/700 (2x350)

**Cone crusher – GPS series**

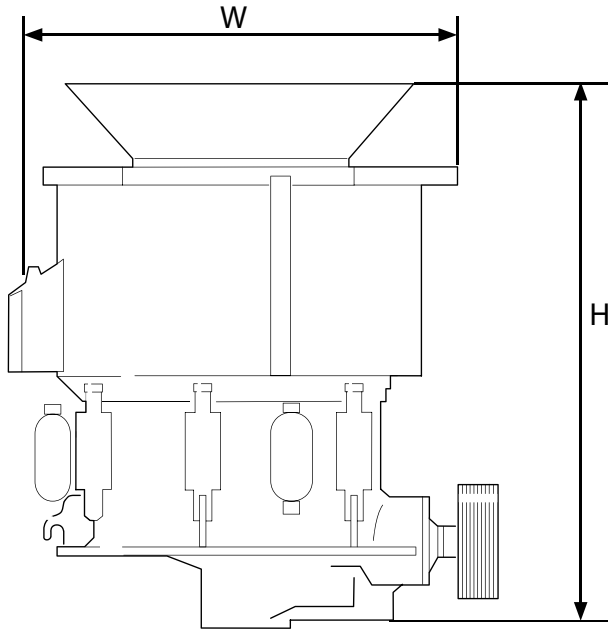
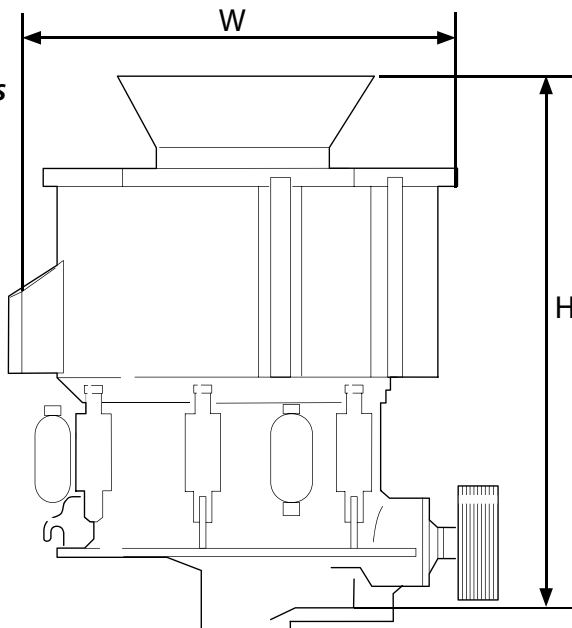
Type	H mm (inch)	W/L mm (inch)	Weight MT (US ton)	kW/Hp Max. power
GP100S	2 328 (92)	1 300 (51)	7 (8)	90/125
GP200S	2 461 (97)	1 745 (69)	10 (11)	160/250
GP300S	2 546 (100)	1 858 (73)	15 (16)	250/350
GP500S	3 227 (127)	2 300 (91)	29 (32)	315/400

**Cone crusher – HP series**



Size reduction

Type	H mm (inch)	W mm (inch)	Weight mt (U.S. t)	Max. power kW (Hp)
HP 800	4 057 (160)	3 490 (137)	69 (76)	600 (800)

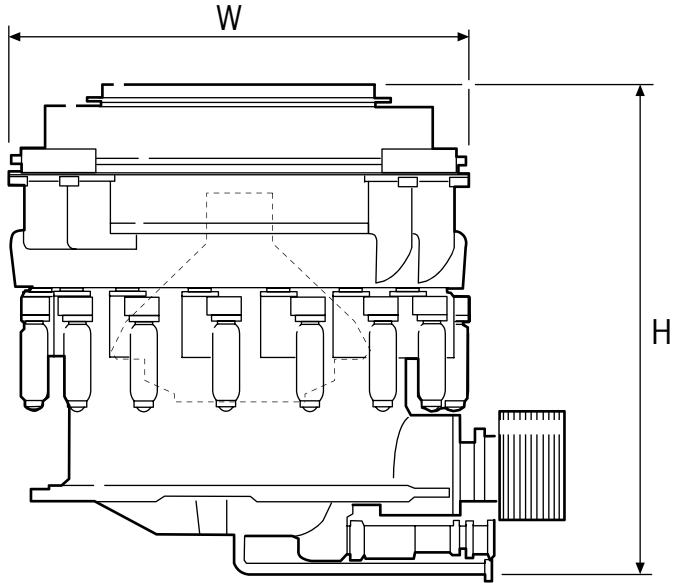
**Cone crusher – HP 3, 4 and 5 series****Cone crusher  
HP 3 series****Cone crusher  
HP 4 & 5 series**

Type	H mm (inch)	W mm (inch)	Weight kg (lbs)	Weight complete*	Max. power kW (Hp)
HP3	2 817 (111)	2 778 (109)	13 280 (29 277)	16 446 (36 257)	220 (300 hp)
HP4	2 549 (100)	2 955 (116)	19 810 (43 586)	23 672 (52 084)	315 (400)
HP5	3 953 (156)	3 854 (152)	33 000 (73 000)	44 500 (98 200)	450 (600)

\* Complete crusher weight: crusher + subframe, motor, sub frame, covers, feed and discharge arrangement

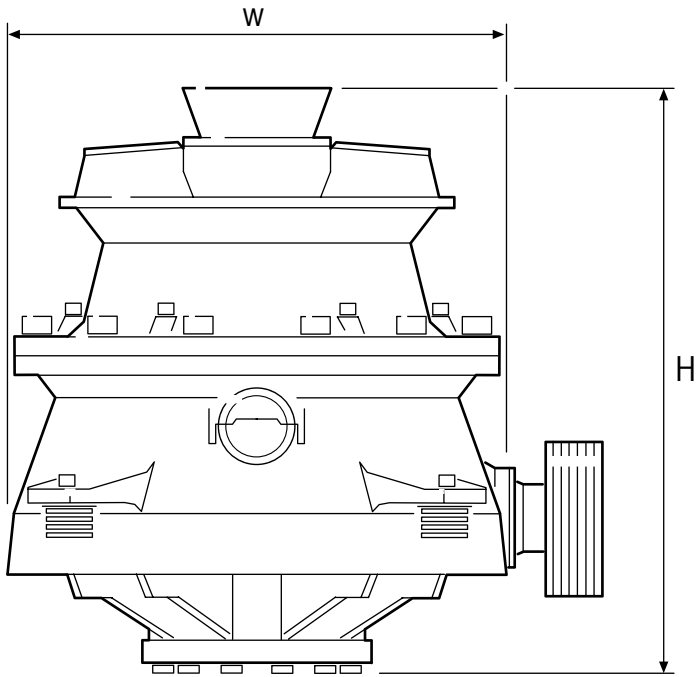


**Cone crusher – MP series**



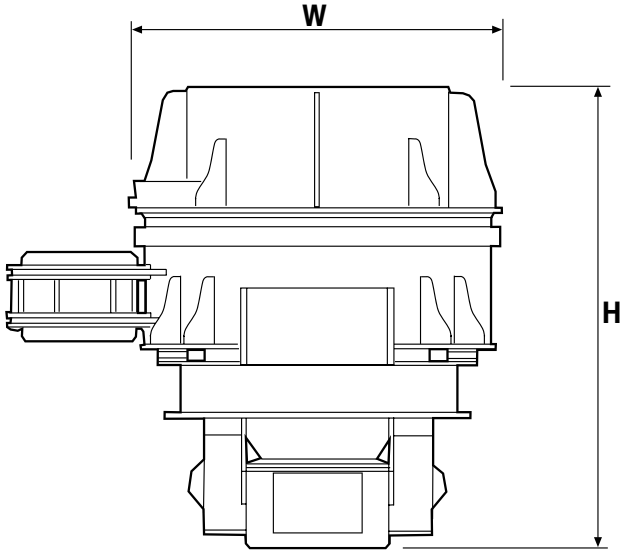
Size reduction

Type	H mm (inch)	W mm (inch)	Weight mt (U.S. t)	Max. power kW (Hp)
MP800	4622 (182.0)	4550 (179.1)	121 (133)	600 (800)
MP1000	4663 (183.6)	5360 (211.0)	151 (166)	750 (1000)
MP1250	4663 (183.6)	5360 (211.0)	153 (168)	900 (1250)

**Cone crusher – GP series**

Type	H mm (inch)	W/L mm (inch)	Weight MT (US ton)	kW/Hp Max. power
GP100	2 038 (80)	1 300 (51)	5 (6)	90/124
GP200	2 230 (84)	1 735 (68)	8 (9)	110/160
GP300	2 181 (86)	1 860 (73)	12 (13)	250/300
GP500	2 573 (101)	2 240 (88)	21 (23)	300/400

**Vertical shaft impactor (VSI)**

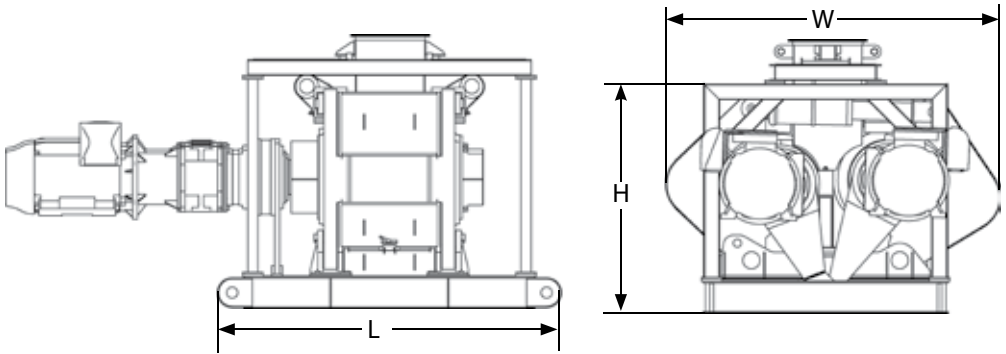


Size reduction

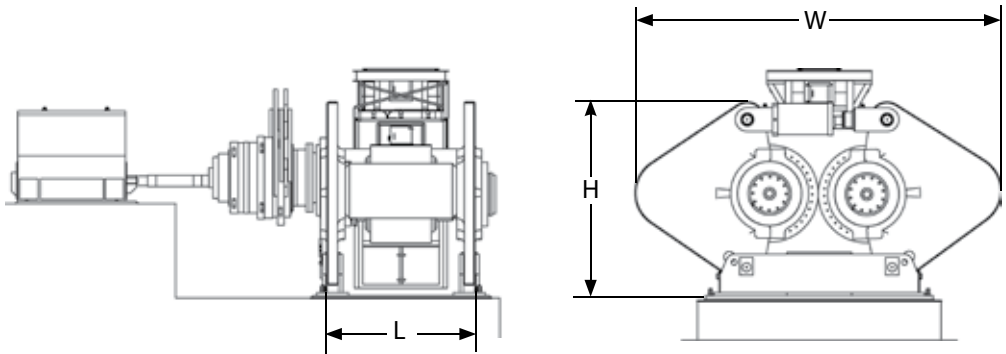
Type	H mm (inch)	W mm (inch)	Weight MT (US ton)	kW/Hp Max. power
B3100SE	1 171 (46)	940 (37)	0,9 (1)	15/20
B5100SE	1 705 (67)	1 435 (56)	2,7 (3)	55/75
B6150SE	2 189 (86)	1 870 (74)	4,5 (5)	150/20
B7150SE	2 464 (97)	2 220 (87)	10 (11)	300/400
B9100SE	2 813 (111)	2 434 (96)	12 (13)	600/800
XD120	4 211 (166)	3 110 (122)	21 (23)	800/1075

**High Pressure Grinding Rolls (HPGRs) - HRC™**

Size reduction



Model	Tire dimensions mm	Max. motor power kW	Max. motor power HP	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)
HRC™800	730 x 500	2 x 132 kW	2 x 177 HP	2400 (94)	3700 (146)	2700 (106)
HRC™1000	1000 x 625	2 x 260 kW	2 x 349 HP	2700 (106)	3520 (139)	3500 (138)



Model	Tire dimensions mm	Max. motor power kW	Max. motor power HP	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)
HRC™1200	1200 x 750	2 x 440 kW	2 x 590 HP	2200 (87)	1610 (639)	4400 (173)
HRC™1450	1450 x 900	2 x 650 kW	2 x 872 HP	3556 (140)	2050 (81)	5196 (205)
HRC™1700	1700 x 1000	2 x 900 kW	2 x 1207 HP	3730 (147)	3690 (145)	6240 (246)
HRC™2000	2000 x 1650	2 x 2300 kW	2 x 3084 HP	5309 (209)	6079 (239)	9512 (375)
HRC™2400	2400 x 1650	2 x 3000 kW	2 x 4023 HP	6646 (262)	3630 (143)	9092 (358)
HRC™2600	2600 x 1750	2 x 3700 kW	2 x 4962 HP	6030 (237)	5660 (223)	9380 (369)
HRC™3000	3000 x 2000	2 x 5700 kW	2 x 7644 HP	6937 (273)	6480 (255)	10800 (425)

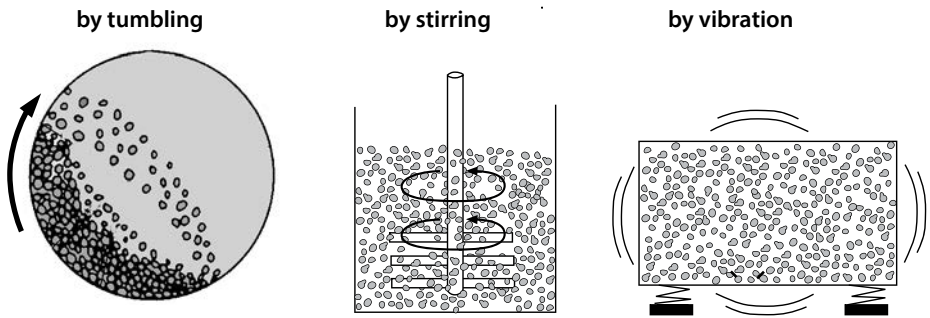
## Grinding – Introduction

Size reduction by crushing has a size limitation for the final products. If we require further reduction, say below 5-20 mm, we have to use the processes of grinding. Grinding is a **powdering or pulverizing** process using the rock mechanical forces of impaction, compression, shearing and attrition.

The two main purposes for a grinding process are:

- To liberate individual minerals trapped in rock crystals (ores) and thereby open up for a subsequent enrichment in the form of separation.
- To produce fines (or filler) from mineral fractions by increasing the specific surface.

## Grinding methods

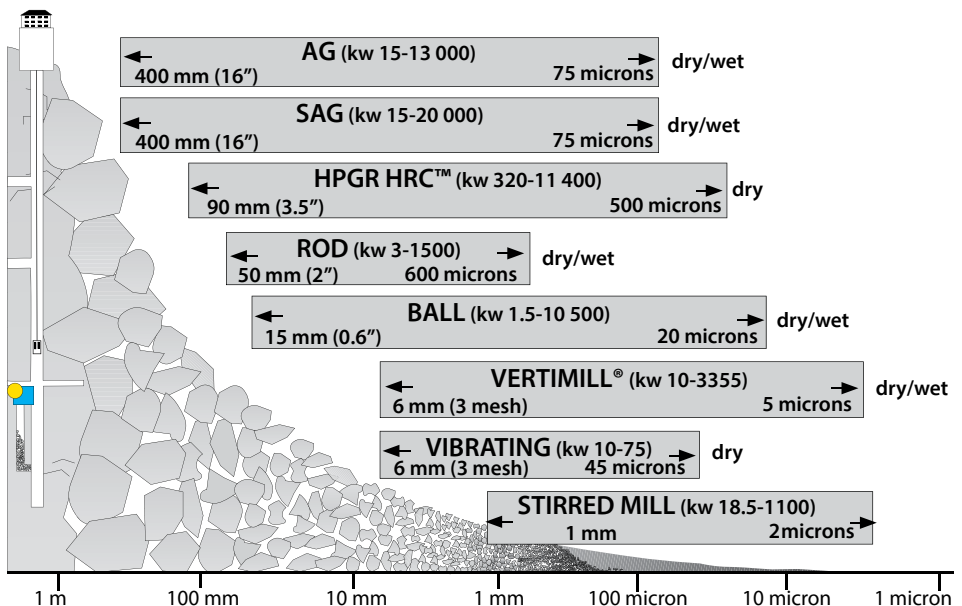


## Grinding mills – Reduction ratios

All crushers including impactors have limited reduction ratios. Due to the design there is a restricting in retention time for the material passing.

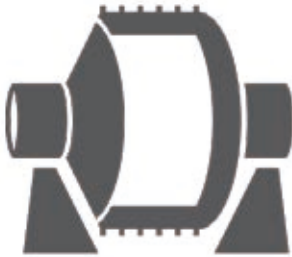
In grinding as it takes place in more “open” space, the retention time is longer and can easily be adjusted during operation.

Below the theoretical size reduction and power ranges for different grinding mills are shown. In practise also size reduction by grinding is done in optimised stages.



## Grinding – Tumbling mills

### Autogenous (AG) mill



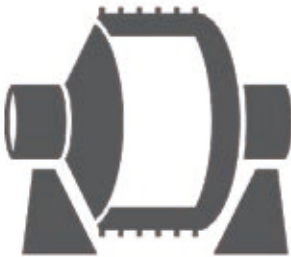
High L/D



Low L/D

- Wet or dry
- Primary, coarse grinding (up to 400 mm feed size)
- Grinding media is grinding feed
- High capacity (short retention time)
- Sensitive to feed composition (critical size material),  
Data sheet 3:44

### Semi – Autogenous (SAG) mill



High L/D



Low L/D

- Wet or dry
- Higher capacity than A-G mill grinding
- Primary, coarse grinding (up to 400 mm feed size)
- Grinding media is grinding feed plus 4-18% ball charge (ball dia.100-125 mm)
- High capacity (short retention time)
- Less sensitive to feed composition (critical size material), see data sheet 3:44

### Rod mill



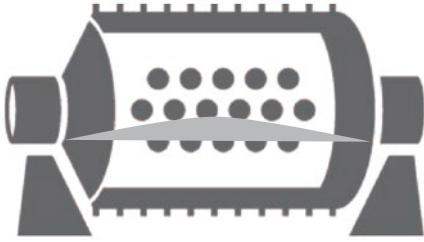
Overflow

End peripheral discharge

Center peripheral discharge

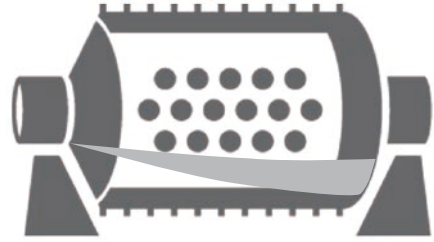
- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Wet only</li><li>• Coarse grind</li><li>• Primary mill at plant capacities of less than 200t/h</li><li>• Coarse grinding with top size control without classification</li><li>• Narrow particle size distribution</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Mostly dry</li><li>• Coarse grind and high capacity</li><li>• Special applications</li><li>• End discharge: finer product</li><li>• Centre discharge: rapid flow, less fines</li><li>• Narrow particle distribution</li></ul> |
|---|---|

Note! No grate discharge

**Ball mill****Overflow**

- Wet only
- Robust and simple
- Mostly in closed circuit (secondary)
- Finer grind (longer retention time)
- Higher risk for over grinding
- Ball charge 35-40%

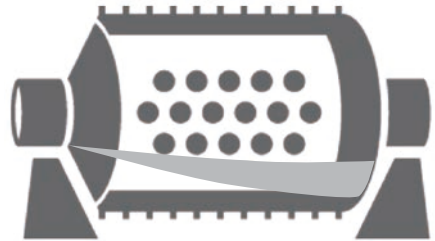
Data sheet, see 3:45

**Grate discharge**

- Dry or wet
- Discharge end more complicated
- Mostly in closed circuit (secondary)
- Coarser grind (shorter retention time)
- Lower risk for over grinding
- Can take about 5-10% more ball with correspondingly higher through put

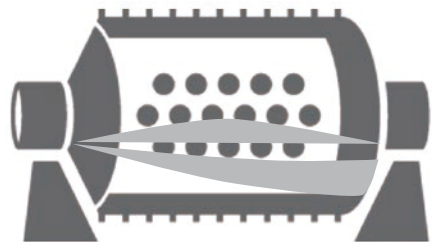
**Pebble mill**

- Wet or dry
- Always grate discharge
- Secondary grinding
- Grinding media:
  - A fraction screened out from feed
  - Flint pebbles
  - Porcelain balls
  - $\text{Al}_2\text{O}_3$  balls
- Larger than ball mills at same power draw
- Grinding without metallic contamination

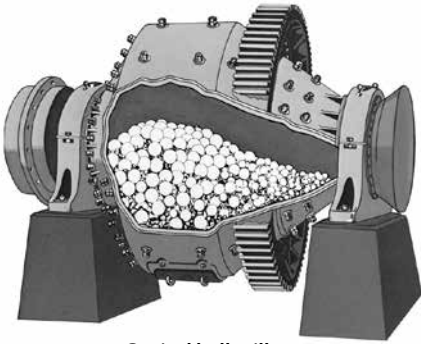
**Spherical roller antifriction bearing supported mill**

- Wet or dry
- Overflow or grate discharge
- Economic solution
- Simple design type trunnion anti-friction roller bearings and lubrication system
- Smaller capacity
- Reliable technology

Data sheet, see 3:47

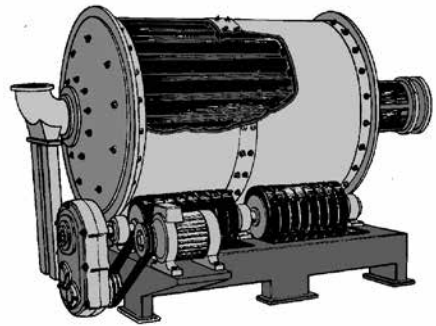


### *Special tumbling mills*



Conical ball mill

- Wet or dry (air swept)
  - Overflow or partial grate
  - Conical shell for "graded" ball charge and optimal size reduction
  - Only available in small and intermediate sizes
  - Efficient "high reduction ratio" grinding
- Data sheet, see 3:48



SRR (Rubber roller mill)

- Wet or dry
  - Overflow and grate discharge
  - Light and fabricated construction
  - Ready assembled on steel frame
  - Easy to move
  - Limited in size (max. dia. 2.4 m)
- Data sheet, see 3:49

### *Grinding – Stirred mills*

#### **VERTIMILL®**

- Wet grinding only
- Top or bottom feed
- Grinding by attrition/abrasion
- Primary-, regrinding- or lime slaking mill
- Ideal for "precision" grinding on finer products
- Recommended feed top size of <6 mm
- Equipment sizes from 15 to 4500 HP (11 to 3352 kW)
- Ball size max 50mm

#### **Comparison with conventional tumbling mills**

- Lower installation cost
- Lower operating costs
- Higher efficiency
- Less floor space
- Simple foundation
- Less noise
- Few moving parts
- Less overgrinding
- Better operation safety

Data sheet, see 3:50 - 52





## Stirred media grinding mill

Wet grinding only

- Open or closed circuit
- Recommended feed size 100 micron and below
- Product size down to 2 micron

Grinding media:

Ceramic or Sand Grinding Media,  
1-8 mm in diameter

Ceramic media is typically recommended because of lower media consumption, higher grinding efficiency, and lower wear rates of internal components.

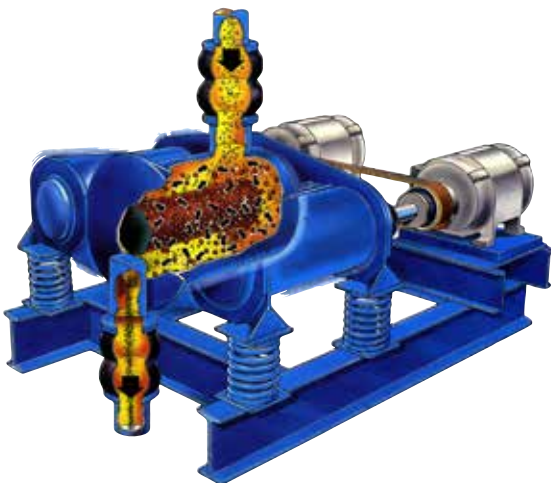
1 Lab Unit, 2 Pilot Units, and 4 full size machines are available (90 kW, 185 kW, 355 kW, and 1100 kW).

Data sheet, see 3:53



## Grinding – Vibrating mills

### Vibrating ball mill



- Wet or dry
- Impact, shearing and attrition
- Open or closed circuit
- Short retention time - less overgrinding
- Feed size, minus 5 mm
- Limited in size  
2x37 kW, 2x50 hp
- High noise level
- Low cost, simple installations
- Low capacity
- Specially applications

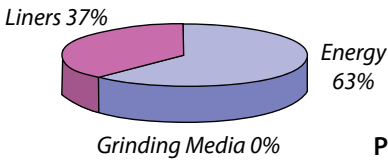
Data sheet, see 3:53

## Size reduction

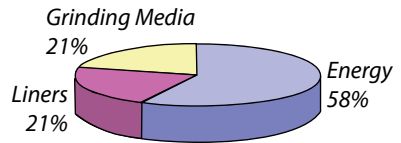
### Cost of grinding – Typical

The main costs for grinding are **energy, liners and grinding media**. They are different for different mill types. Below some figures for tumbling mills

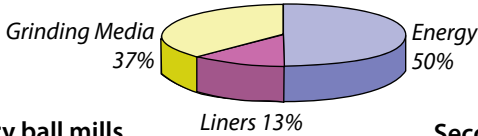
**AG mills**



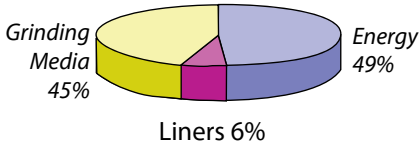
**SAG mills**



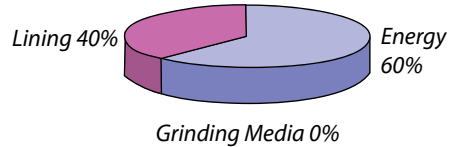
**Primary ball mills**



**Secondary ball mills**



**Secondary pebble mills**



### Mill linings – Basic

Use **rubber** linings wherever possible due to lifetime, low weight, easy to install and noise dampening.

When application is getting tougher use **steel-capped rubber**, still easier to handle than steel.

When these both options are overruled (by temperature, feed size or chemicals) use **steel**.

**Ore-bed** is a lining with rubber covered permanent magnets used for special applications like lining of Vertimills, grinding of magnetite a.o, see also Wear in operation, section 9.

### Lining components

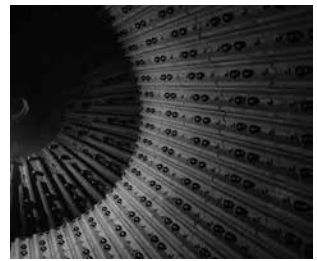
*Rubber linings*



*Poly-Met® linings*



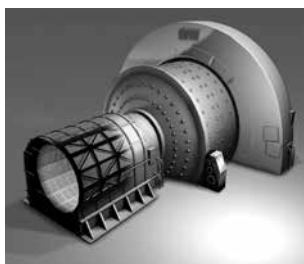
*Metallic linings*



*Orebed® linings*



*Trommel screens*



*Discharge systems*



## Grinding mills – Sizing

Even today this is more of an art than a science. Therefore it should be left to the application offices of your supplier for any valid statements or quotes.

Below will be described some basics of how mills are sized, only.

Fundamental to all mill sizing is determining the necessary specific power consumption for the grinding stage (primary, secondary, tertiary etc.) in question.

It can be established in many ways, some including:

1. Operating data from existing mill circuit (direct proportioning).
2. Grinding tests in pilot scale, where the specific power consumption is determined (kWh/t dry solids).
3. Laboratory tests in small batch mills to determine the specific energy consumption.
4. Energy and power calculations based on Grind Ability Index, for example, Bond work index, (called  $W_i$  and normally expressed in **kWh/short ton**), see 3:40.
5. Population balance modeling and other simulation techniques

Scale-up criterion is the net specific power consumption, i.e. the power consumed by the mill rotor itself minus all mechanical and electrical losses divided by the feed rate of solids. For the full scale mill this is then to be multiplied by the feed rate to get the net mill power. This must then be increased by the anticipated mechanical inefficiencies (trunnion and pinion bearing friction, ring gear/pinion friction and possible speed reducer losses) as well as electrical losses, in order to arrive at the gross power.

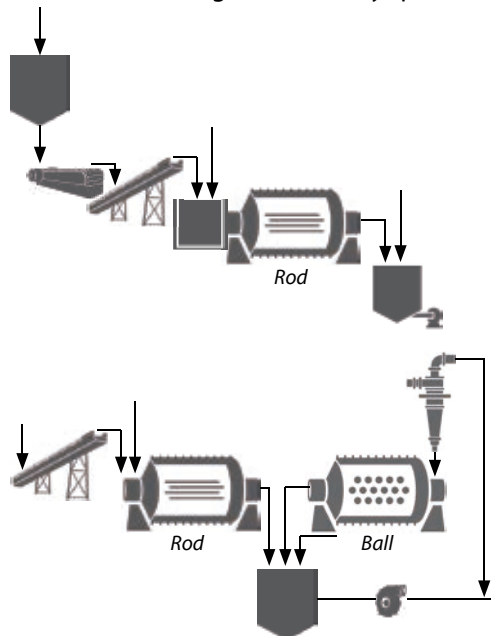
In our labs we can run tests batchwise (in kg scale), or for more critical applications in pilot scale (200-1000 kg/h). The pilot tests are more accurate, but also more expensive.

For all AG or SAG installations such tests are mandatory, since they will tell whether this type of grinding is possible at all, as well as establishing the necessary specific power consumption.

## Grinding circuits

Wet grinding of feed  $k_{80}$  25 - 30 mm (1" - 1 1/4") to product size  $k_{80}$  0.3 mm to 2 mm (8 Mesh - 48 Mesh) in open circuit.

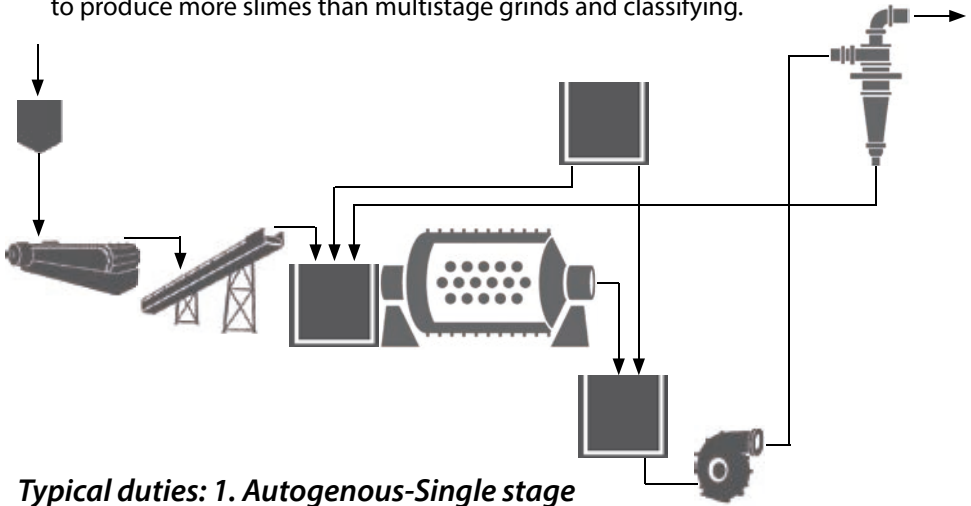
One of the most common flow-sheets for concentrating plants to wet grind - 25 mm (1") feeds (or finer) to desired product size. Rod mill discharge ab. 1 mm (16 Mesh).



## Size reduction

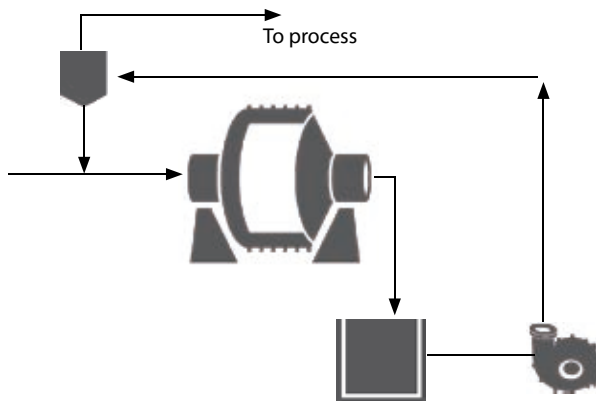
### *Typical duties: (Single stage ball grinding and single classification circuit)*

The most simple and common (although not the most efficient) circuit to wet grind from max. feed sizes of k80 15 mm (5/8") and finer to required product sizes. Tend to produce more slimes than multistage grinds and classifying.



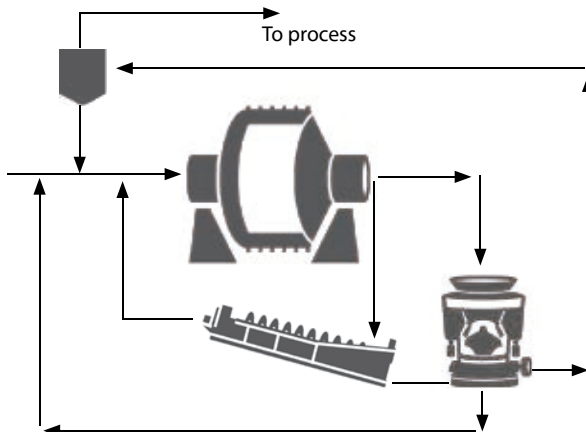
### *Typical duties: 1. Autogenous-Single stage*

For the rare cases where primary AG milling will inherently produce the required product size. (Wet or dry)



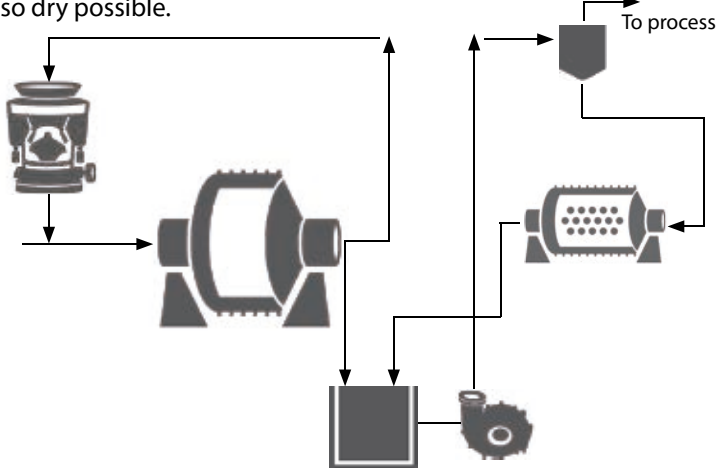
### *Typical duties: 2. Autogenous + Crusher*

For the also not too common cases where critical size pebbles are created and thus inefficient grinding results. With pebble ports in the mill grate and separate crushing of the critical sizes this can be remedied. However, resulting product size must match product requirements. (Wet or dry)



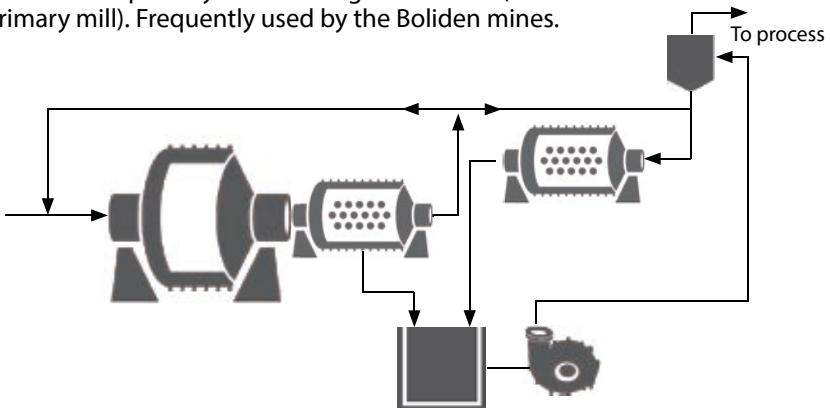
**Typical duties: 3. Autogenous + Ball mill + Crusher**

This is also called "ABC-circuit" and has a ball mill added in comparison with the above circuit No 2. This can be used to correct a too coarse product from the primary mill, and in this way be more useful and common. Mostly operated wet, but also dry possible.



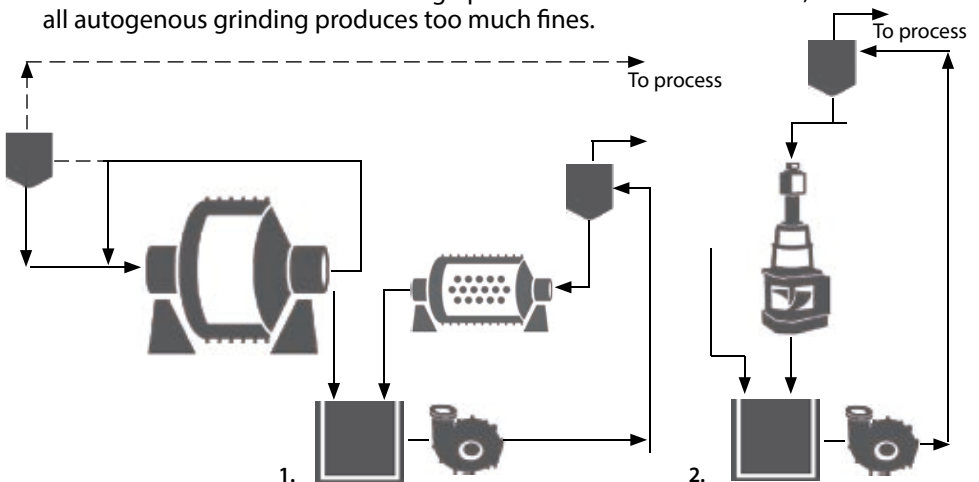
**Typical duties: 4. Autogenous + Pebble mill**

Two stage AG-grinding with the primary mill in open circuit and the secondary pebble mill in closed circuit. The pebble mill gets competent pebbles screened out from the primary mill discharge as needed (or otherwise recirculated to the primary mill). Frequently used by the Boliden mines.



**Typical duties: 5. Autogenous + Ball mill / VertiMill**

Same as the above, but with the pebble mill replaced by a ball mill or a Vertimill. This is used when there is not enough pebbles available in the circuit, or all autogenous grinding produces too much fines.

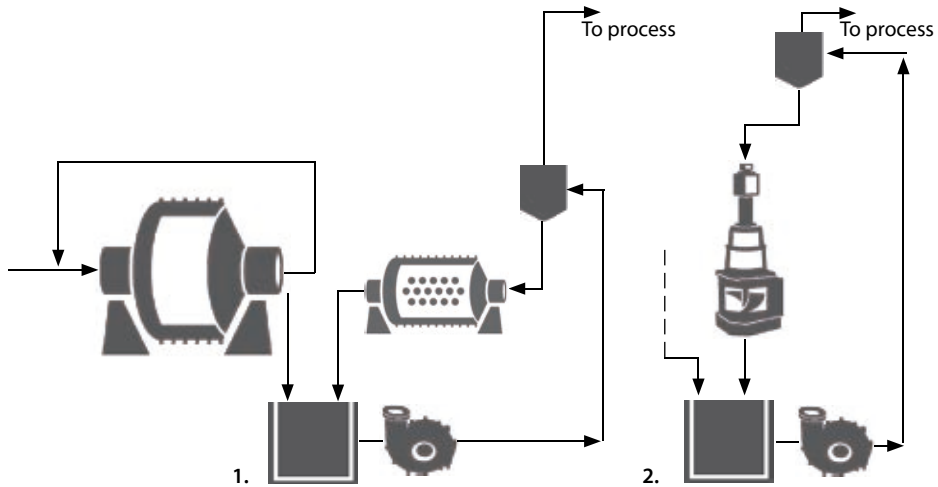


Size reduction

## Size reduction

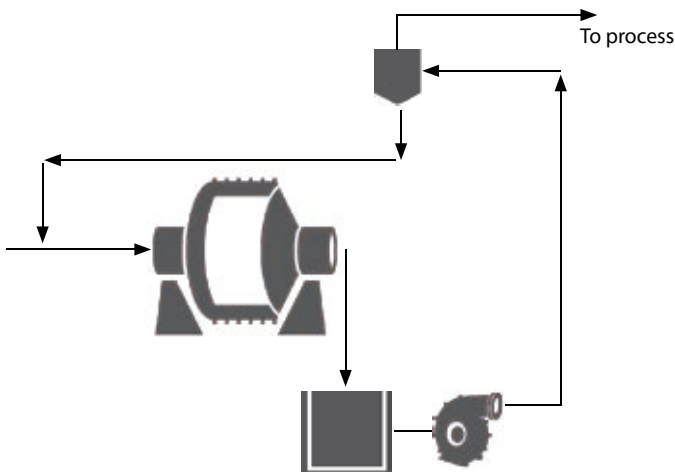
### **Typical duties: 6. Semi-autogenous + Ball mill / VertiMill**

Same as the above No. 5, but with the primary mill as semi-autogenous, which in most cases means higher capacity for the circuit. Many circuits type No. 5 in the US / Canada have been converted to this circuit.



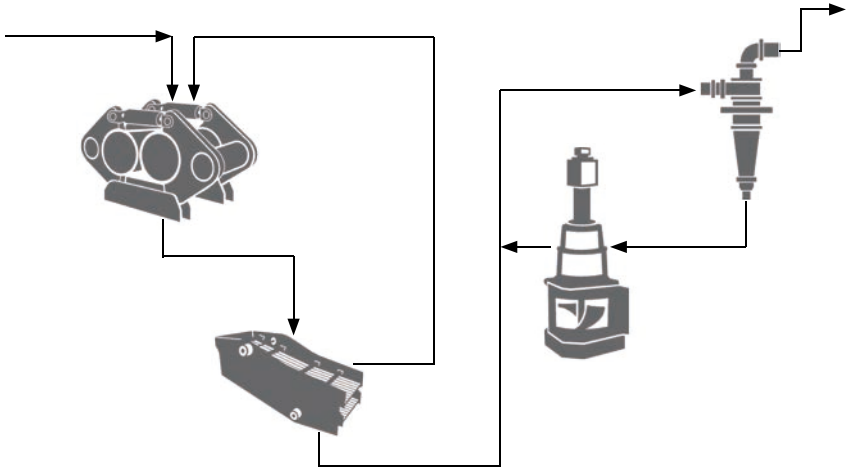
### **Typical duties: 7. Semi-autogenous-Single stage**

Same as No.1 above, but with the mill as semi-autogenous. This will increase capacity as well as application range, but will also increase wear costs (balls and lining) and still be dependent on "natural" product size being close to the desired. Common circuit in the US and Canada.



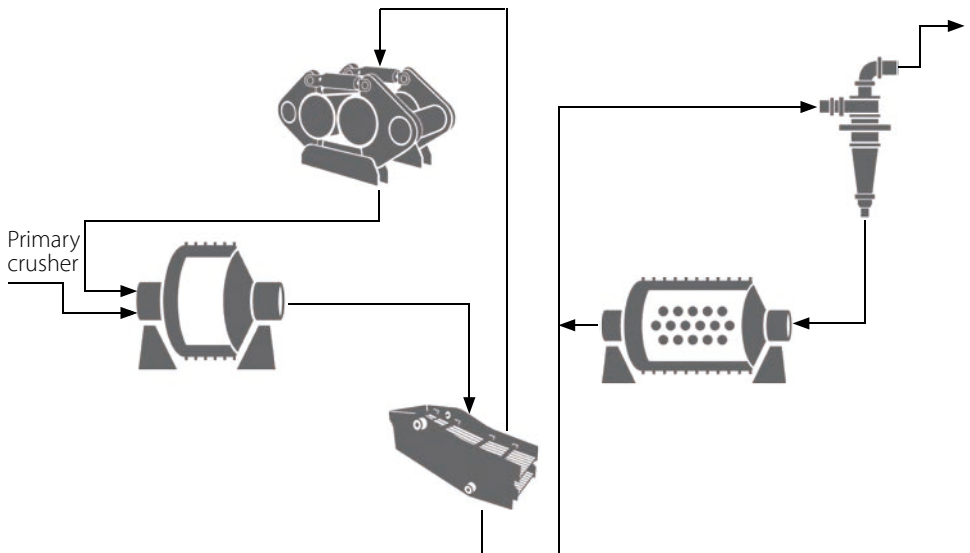
### Typical duties: 8. HRC™ + Vertimill®

In this circuit, the cone crusher product is fed to the HRC™ which produces the required reduction for enrichment with the Vertimill processing the regrind. When applicable, this type of circuit can offer significant energy savings.



### Typical duties: 9. AG mill + HRC™ + Ball mill

In this circuit, the AG mill is followed by a single deck screen with the oversize being recirculated through the HRC™ before returning to the AG mill. The undersize from the screen is fed to the ball mill circuit sump. The AG mill can be replaced by a SAG Mill, however special care should be used to detect and remove balls from the HRC™ feed.



### VERTIMILL® Circuits

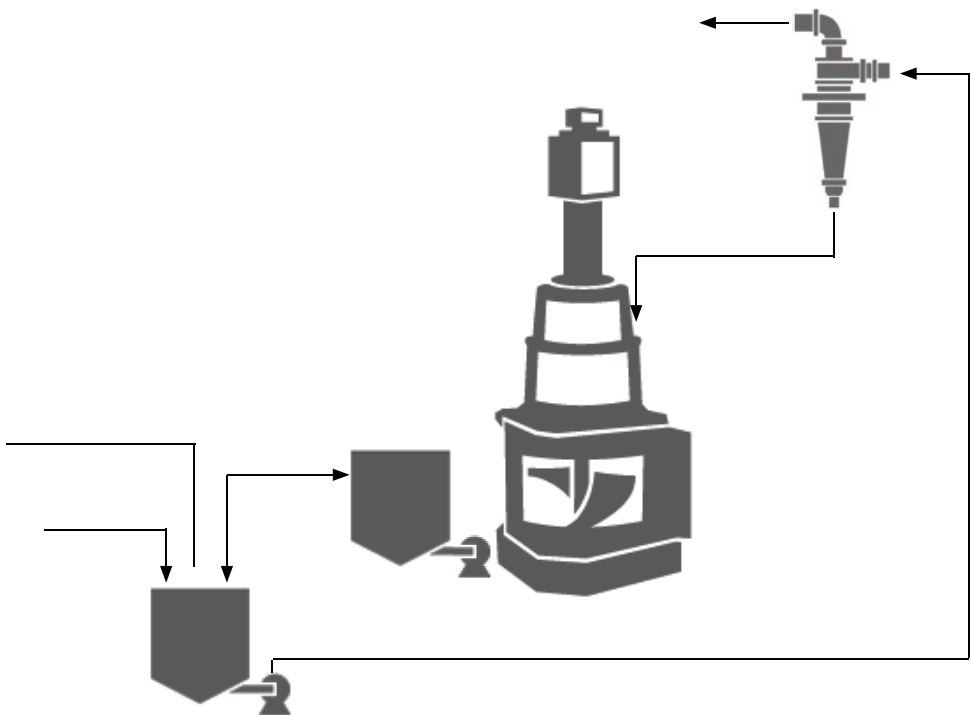
#### Typical duties: 10. Reversed closed circuit

##### Scalped or fresh feed directly into the mill

If it is desirable to use cyclones, the next decision is where in the process the cyclones should be – either closed circuit or reversed closed circuit. Typical closed circuit has the feed to the Vertimill circuit coming directly to the mill. This means that every particle regardless of size will enter the mill and may be ground. For reverse close circuit, the feed to the Vertimill circuit is introduced at the cyclone sump. The material feeding the circuit that is already at product size will have a chance to bypass the Vertimill all together, and the grinding energy will only be spent on the coarse material. This can reduce the size (and capital cost) of the Vertimill installation.

Mineralogically, there may be some benefit to direct feed in that flotation recovery may improve if all the particles surfaces, regardless of the particle size, are polished or refreshed. The reversed arrangement will minimize fines generation, which may also improve recovery. To best make a mineralogical decision, you need to have a good understand on where the losses are in the flotation circuit.

From a circuit energy perspective, in general, if the feed has very little material (<10%) that is final product size, it is better to feed it directly to the mill because the cyclone or other classifying device will send it all back to the Vertimill anyway and you would be putting undue load on the cyclone feed pumps. If there is a fair amount of fines and the classification is reasonable efficient, pre-classifying the material is beneficial.





**Typical duties: 11. Direct feed****Circuit Configuration**

In addition to cyclones or other external classification, there are four ways to configure a Vertimill circuit:

- Top feed with recycle system
- Top feed without recycle system
- Bottom feed with recycle system
- Bottom feed without recycle system

Bottom and top feeding configuration advantages and disadvantages are listed below and are exclusive of the use separating tank and recycle system:

**Bottom feed advantages**

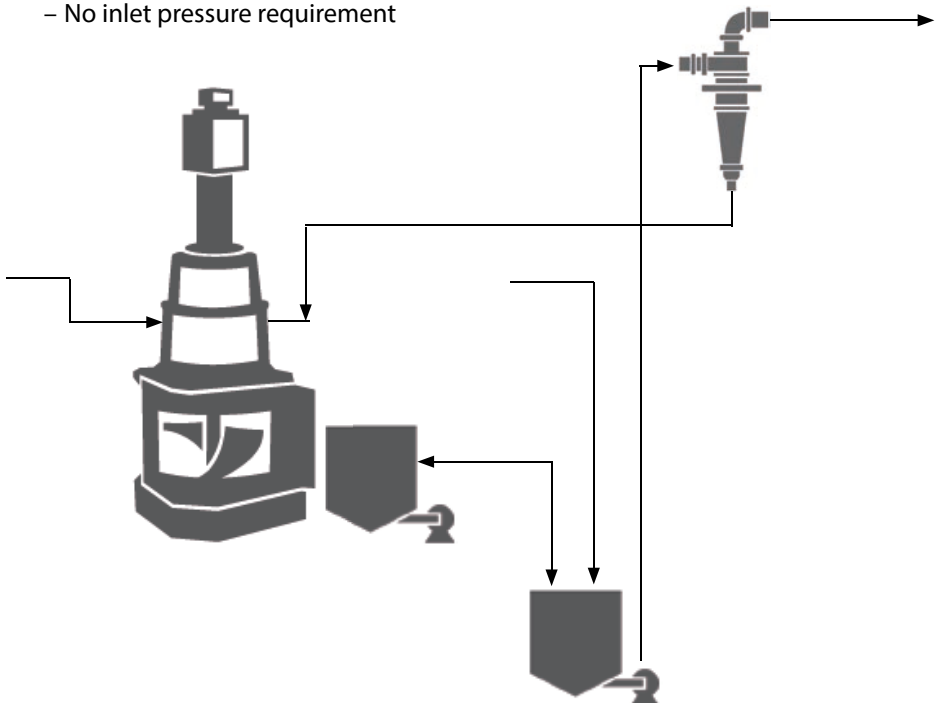
- All Particles must pass through the media, every particle surface is refreshed
- Provides additional upward classifying flow
- Can help free locked or frozen charge at start up
- Potentially more efficient because of lack of short circuiting
- Fine particles must pass through the media – potential for over grinding

**Bottom feed disadvantages**

- Can be bottom fed via gravity or pump
- Back flow
  - need no return valves or a tall tank
  - Piping must loop above ball charge height so ball to not get to the pump
- Requires variable speed pumps
- Tank requires flow split and level control
- Minimum inlet pressure requirement to prevent plugging

**Top feed advantages**

- Does not require a feed pump; can be feed directly from cyclones
- No inlet pressure requirement



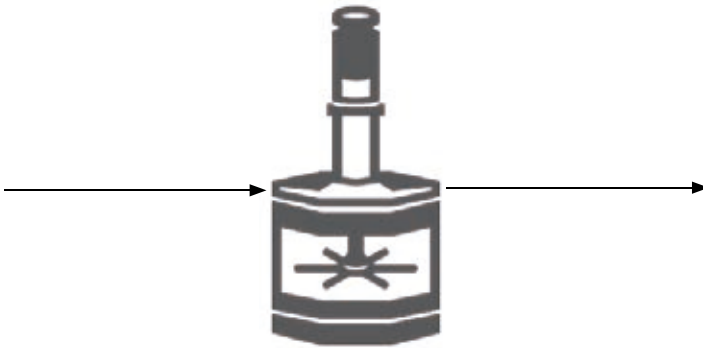
### *Stirred Media Detritors (SMD) Circuits*

#### *Typical duties: 12. Open circuit, whole feed*

SMDs already utilize inert grinding media to improve flotation recovery, but the surface preparation of the particle may also be important for the flotation response.

The whole stream can be fed direct to the mills in open circuit so that all of the material gets some grinding to prepare the surface for flotation.

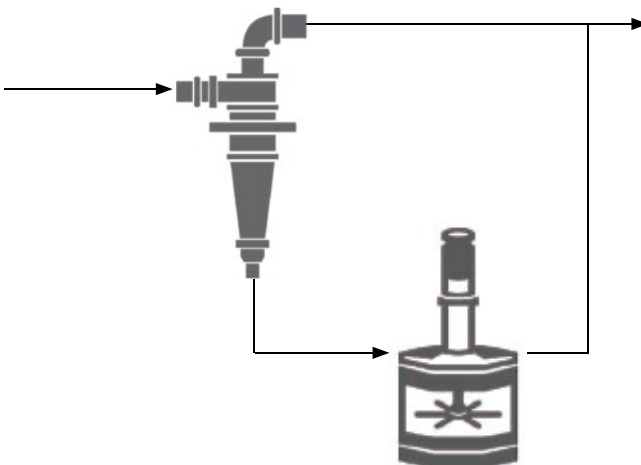
If the upstream process can provide steady feed rate and solids concentration (i.e. a thickener), the SMD can be operated in open circuit with no additional equipment required. If the feed rate or solids concentration will fluctuate periodically, then including a buffer tank to feed the mills is advised.



#### *Typical duties: 13. Open circuit, scalped feed*

If the losses in the flotation circuit are in the coarse, un-liberated material and fines generation needs to be minimized, then the SMD will be most efficient at increasing the recovery by grinding just the coarse material. Scalping cyclones can be used ahead of the mill to scalp the fines and send them straight to the next process, and the cyclone under flow feeds the SMD, and is then recombined with the cyclone overflow for the next process.

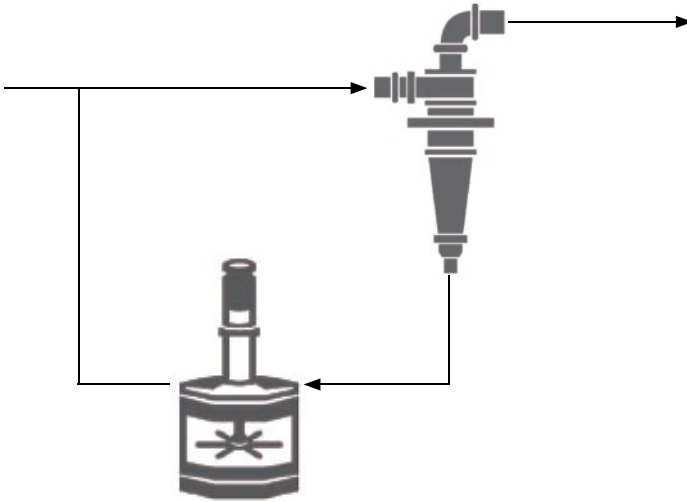
As previously stated, the SMD is best operated between 40-50% solids, and a scalping cyclone also provides a nice solution to thicken the feed to the mill.



**Typical duties: 14. Closed circuit**

The SMD can also be operated in closed circuit. This arrangement provides all the advantages of the Open Circuit, Scalped feed configuration, but also provides a method to control the particle size other than feed rate and mill power..

The SMD operates quite well in an open circuit configurations, and only a handful are operated in closed circuit. For ultrafine grinding, operating in closed circuit is difficult because the small diameter cyclone can easily plug. Closed circuit configuration is primarily used in coarser grinding applications and when the specific energy is low - the average residence time of the particle is short.



## Size reduction

### Grinding – Power calculation

The most common formula for this is the Bond\* formula

$$W \text{ (specific power consumption)} = 10 \times W_i \left( \frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right)$$

with P and F the 80% passing sizes of product and feed in microns and  $W_i$  expressed as kWh/sh.t.

Then for  $P = 100$  and F very large,  $W_i$  is roughly the same as W, or in other words equal to the specific power consumption to comminute a material from infinite size to  $k_{80} = 100$  microns see below.

\* Fred Bond, Allis Chalmers Corp.

### Grinding – Bonds Work Index\*

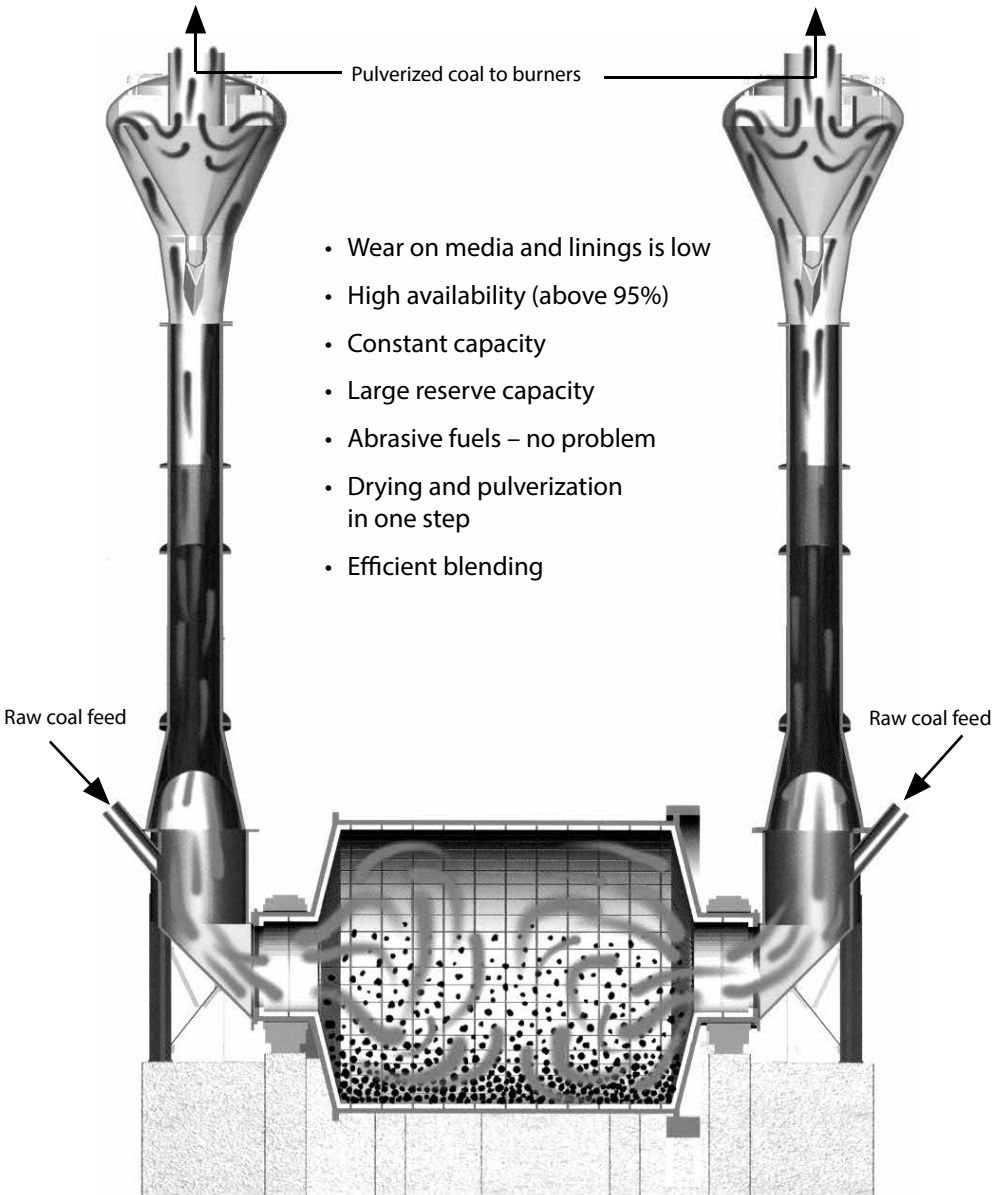
Solids [kWh/sh.ton]	$W_i$
Andesite	18.25
Barite	4.73
Basalt	17.10
Bauxite	8.78
Cement clinker	13.45
Cement raw material	10.51
Clay	6.30
Coal	13.00
Coke	15.13
Copper ore	12.72
Diorite	20.90
Dolomite	11.27
Emery	56.70
Feldspar	10.80
Ferro-chrome	7.64
Ferro-manganese	8.30
Ferro-silicon	10.01
Flint	26.16
Fluorspar	8.91
Gabbro	18.45
Glass	12.31
Gneiss	20.13
Gold ore	14.93
Granite	15.13
Graphite	43.56
Gravel	16.06
Gypsum rock	6.73
Hematite	12.84

Solids [kWh/sh.ton]	$W_i$
Magnetite	9.97
Taconite	14.61
Lead ore	11.90
Lead-zinc ore	10.93
Limestone	12.74
Manganese ore	12.20
Magnesite	11.13
Molybdenum	12.80
Nickel ore	13.65
Oil shale	15.84
Phosphate rock	9.92
Potash ore	8.05
Pyrite ore	8.93
Pyrrhotite ore	9.57
Quartzite	9.58
Quartz	13.57
Rutile ore	12.68
Shale	15.87
Silica sand	14.10
Silicon carbide	25.87
Slag	10.24
Slate	14.30
Sodium silicate	13.40
Spodumene ore	10.37
Syenite	13.13
Tin ore	10.90
Titanium ore	12.33
Trap rock	19.32
Zinc ore	11.56

\*These values are not constant and must be used accordingly!

## Pulverizing of coal

Coal pulverizing is an important application for grinding mills (ball mill type) and the advantages of using tumbling grinding are many.



Double ended, air-swept ball mill system

### Typical capacities (feed moisture 8%)

Mill size m	ft	Coal flow (mtph)	Motor power kW/hp
3.8x5.8	12.5x19	42	820/1 100
4.0x6.1	13x20	50	969/1 300
4.3x6.4	14x21	62	1193/1 600
4.7x7.0	15.5x23	82	1640/2 200
5.0x7.7	16.5x25	110	2237/3 000
5.5x8.2	18x27	141	2760/3 700

## Size reduction

---

### **VERTIMILL® – More than a grinding mill**

The VERTIMILL® grinding mill is considered to be an “intelligent” grinding concept giving an energy saving and controlled process of size reduction. For comparison with tumbling mills, see 3:26.



#### ***Mineral applications***

- Fine / Ultra fine grinding
- Primary grinding
- Secondary grinding
- Tertiary grinding
- “In circuit” regrinding of concentrates

#### ***FGD applications***

- Fine grinding of lime stone
- Lime slaking, see next page

#### ***Fuel preparation***

- Clean coal
- Coal / water
- Coal / oil

## VERTIMILL® as lime slaker

The VERTIMILL® is an excellent lime slaker producing an optimal product in a simple one-step operation.

### Typical operation conditions:

<b>Material</b>	Pebble lime with approximately 5 % grit
<b>Feed size</b>	minus 25mm (1")
<b>Product size</b>	80% passing 75 microns to 90-95% passing 45 microns
<b>Percent solids (product)</b>	20-26%
<b>Temperature inside mill (product)</b>	50-82 °C (130-180°F)

### Capacities vs mill sizes

Mtph CaO	Stph CaO	Mill unit	Motor kW	Motorhp
1.4	1.5	VTM-10-LS	7.5	10
2.7	3.0	VTM-20-LS	14.9	20
3.7	4.1	VTM-30-LS	22.4	30
5.3	5.8	VTM-50-LS	37.3	50
6.6	7.3	VTM-100-LS	44.7	60
12.0	13.2	VTM-150-LS	74.6	100
13.9	15.3	VTM-200-LS	111.9	150
18.7	20.6	VTM-300-LS	149.1	200
30.0	33.0	VTM-400-LS	223.7	300

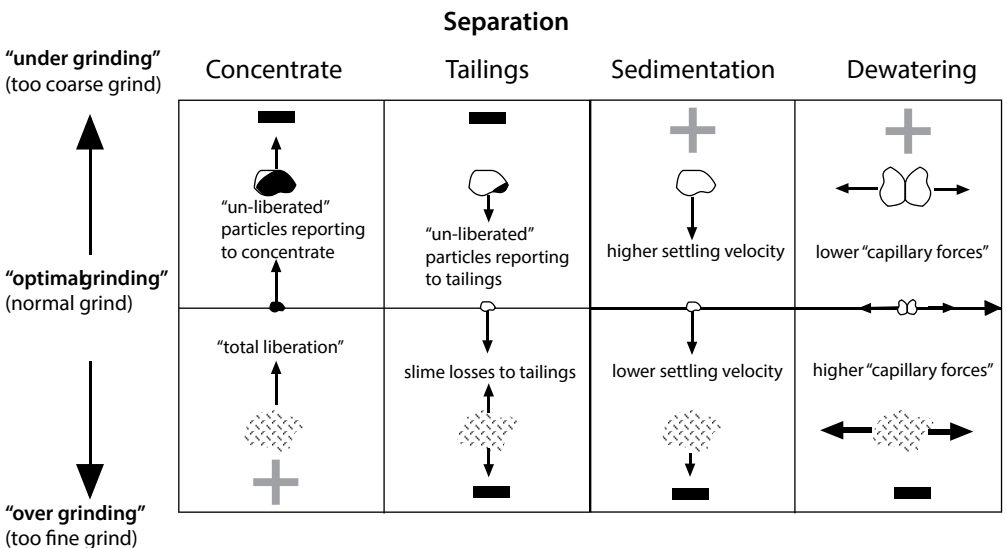
Size reduction

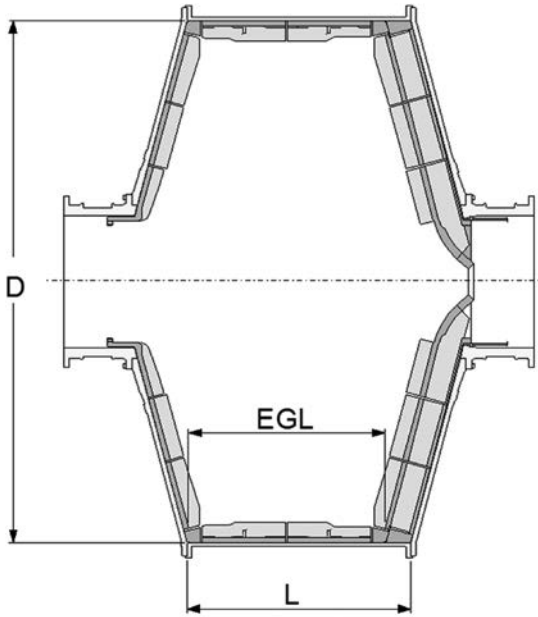
## Grinding vs enrichment and upgrading

In the size reduction stages of grinding we are also creating the conditions for the following process stages of enrichment and upgrading.

From the picture below we can see the effect of “under- and over grinding”.

The lost performance in separation, sedimentation and dewatering due to “mis-grinding” represents a major problem for many operations, eroding the process economy.

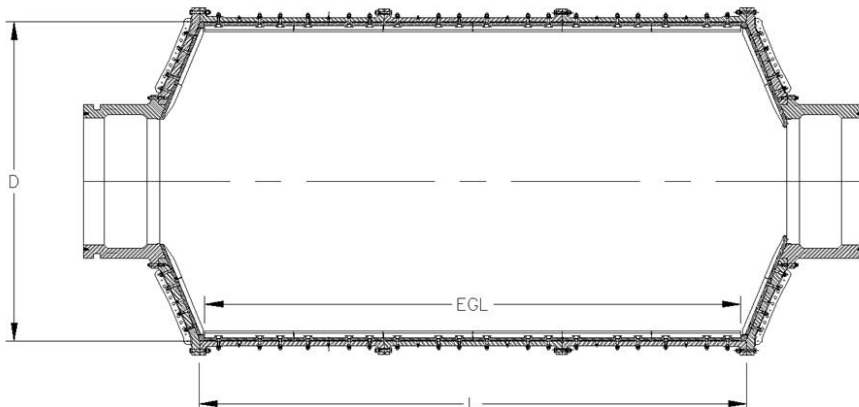


**AG and SAG mills**

Standard Mill size (m)	EGL (m)	Geared/Gearless	Std %TCS	Motor hp/kW (Typical)
12' x 5' (3,7 x 1,5)	4' (1,2)	Geared	75	150-250/110-185
14' x 6' (4,2 x 1,8)	5' (1,5)	Geared	75	300-500/220-370
16' x 7' (4,8 x 2,1)	6' (1,8)	Geared	75	550-850/400-630
18' x 8' (5,5 x 2,4)	6.75' (2,0)	Geared	75	900-1300/670-970
20' x 8' (6,0 x 2,4)	6.75' (2,0)	Geared	75	1000-1750/745-1300
21' x 10' (6,4 x 3,0)	8.75' (2,7)	Geared	75	1600-2500/1200-1860
22' x 10' (6,7 x 3,0)	8.75' (2,7)	Geared	75	2000-3000/1490-2240
24' x 10' (7,3 x 3,0)	8.75' (2,7)	Geared	75	2500-3500/1860-2610
26' x 10' (7,9 x 3,0)	8.75' (2,7)	Geared	75	3000-4500/2240-3350
28' x 10' (8,5 x 3,0)	8.5' (2,6)	Geared	75	3500-5500/2610-4100
28' x 14' (8,5 x 4,3)	12.5' (3,8)	Geared	75	5000-8000/3730-5960
30' x 12' (9,1 x 3,7)	10.5' (3,2)	Geared	75	5000-8000/3730-5960
32' x 14' (9,8 x 4,3)	12.5' (3,8)	Geared	75	7-11000/5-8200
32' x 16' (9,8 x 4,8)	14.5' (4,4)	Geared	75	8-12000/6-8950
34' x 15' (10,3 x 4,6)	13.25' (4,0)	Geared	75	8-13000/6-9700
34' x 17' (10,3 x 5,2)	15.25' (4,6)	Geared	75	10-15000/7-11190
34' x 19' (10,3 x 5,8)	17.25' (5,3)	Geared	75	11-17000/8-12680
36' x 15' (11,0 x 4,6)	13.25' (4,0)	Geared/Gearless	Variable	10-16000/7-11930
36' x 17' (11,0 x 5,2)	15.25' (4,6)	Geared/Gearless	Variable	11-18000/8-13420
36' x 19' (11,0 x 5,8)	17.25' (5,3)	Geared/Gearless	Variable	12-20000/9-14900
38' x 20' (11,6 x 6,0)	18' (5,5)	Geared/Gearless	Variable	15-24000/11-17800
40' x 22' (12,0 x 6,7)	19.5'-20' (5,9-6,1)	Gearless	Variable	19-30000/14-22370
42' x 25' (12,8 x 7,6)	22.5' (6,8)	Gearless	Variable	23-36000/17-26850



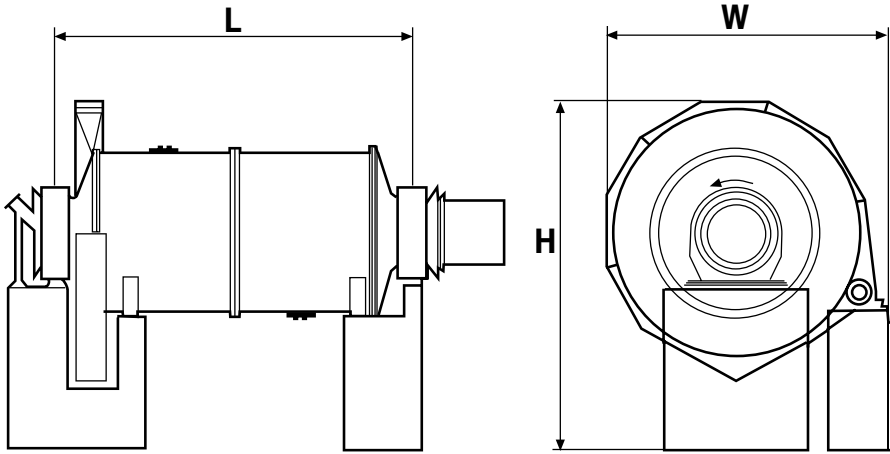
**Ball mills**



Size reduction

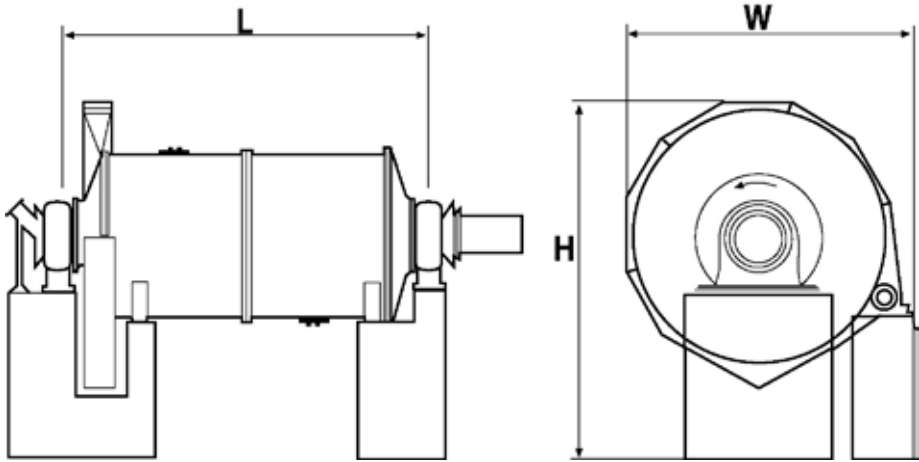
Standard Mill size (m)	Geared/Gearless	Std %TCS	Approx hp/kW	Motor hp/kW
9' x 12' (2,7x3,7)	Geared	76	388/290	450/335
9' x 14' (2,7x4,2)	Geared	76	455/340	500/373
9.5' x 15' (2,9x4,6)	Geared	76	564/420	600/447
10' x 15' (3,0x4,6)	Geared	76	596/445	700/522
10.5' x 15' (3,2x4,6)	Geared	76	734/547	800/597
10.5' x 17' (3,2x5,2)	Geared	76	836/623	900/671
11' x 17' (3,3x5,2)	Geared	76	944/704	1000/746
11.5' x 18' (3,5x5,5)	Geared	76	1125/839	1250/932
13' x 17' (3,9x5,2)	Geared	76	1460/1089	1500/1119
13' x 19' (3,9x5,8)	Geared	76	1637/1220	1750/1305
14' x 18' (4,2x5,5)	Geared	76	1877/1400	2000/1491
14' x 20' (4,2x6,0)	Geared	76	2091/1559	2250/1677
15' x 19' (4,6x5,8)	Geared	76	2372/1769	2500/1864
15.5' x 21' (4,7x6,4)	Geared	76	2861/2133	3000/2237
16.5' x 21' (5,0x6,4)	Geared	76	3362/2507	3000/2237
16.5' x 24' (5,0x7,3)	Geared	76	3854/2873	4000/2983
16.5' x 27' (5,0x8,2)	Geared	76	4346/3240	4500/3356
16.5' x 30' (5,0x9,1)	Geared	76	4838/3608	5000/3728
16.5' x 33' (5,0x10,0)	Geared	76	5330/3975	5500/4101
18' x 29' (5,5x8,8)	Geared	76	5847/4360	6000/4474
18' x 31.5' (5,5x9,6)	Geared	76	6360/4743	6000/4474
18' x 33.5' (5,5x10,2)	Geared	76	6771/5049	7000/5220

Continues on next page.

**Ball mills (continue)**

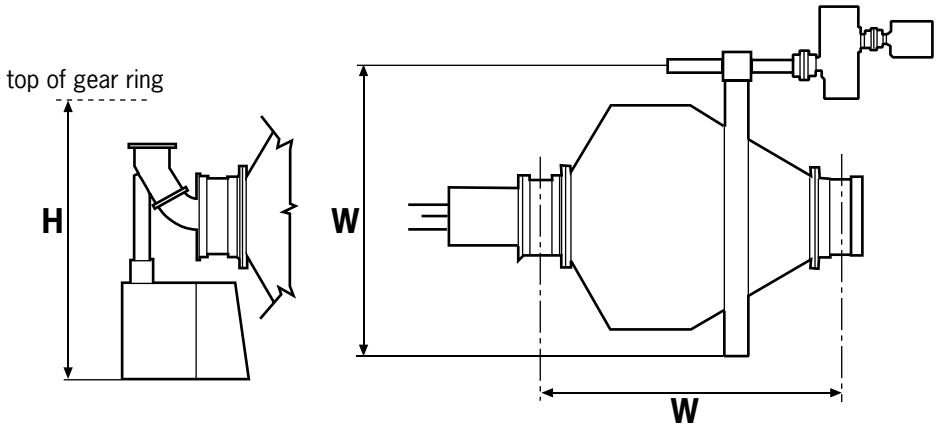
Standard Mill size (m)	Geared/Gearless	Std %TCS	Approx hp/kW	Motor hp/kW
20' x 31.5' (6x9,6)	Geared	76	8336/6212	8000/5966
20' x 33.5' (6x10,2)	Geared	76	8874/6617	9000/6711
21' x 31.5' (6,4x9,6)	Geared	76	9446/7044	10000/7457
21' x 33.5' (6,4x10,2)	Geared	76	10361/7726	11000/8203
22' x 36.5' (6,7x11,1)	Geared	76	12357/9215	13000/9694
22' x 40.5' (6,7x12,3)	Geared	76	13370/9970	14500/10813
24' x 36' (7,3x11)	Geared	76	15220/11350	16000/11931
24' x 40' (7,3x12,3)	Geared	76	16935/12628	17800/13273
26' x 38' (7,9x11,6)	Geared/Gearless	76	19720/14705	20700/15436
26' x 40' (7,9x12,3)	Geared/Gearless	76	20771/15489	21800/16256
26' x 42' (7,9x12,8)	Geared/Gearless	76	21823/16273	23000/17151
26' x 44' (7,9x13,4)	Geared/Gearless	76	22875/17058	24000/17897
27' x 45' (8,2x13,7)	Gearless	76	25763/19211	27000/20134
28' x 46' (8,5x14)	Gearless	76	28898/21549	30000/22371
29' x 47' (8,8x14,3)	Gearless	76	32291/24079	34000/25354
30' x 46' (9,1x14)	Gearless	76	34442/25683	36000/26845

**Spherical roller bearing supported ball mill**



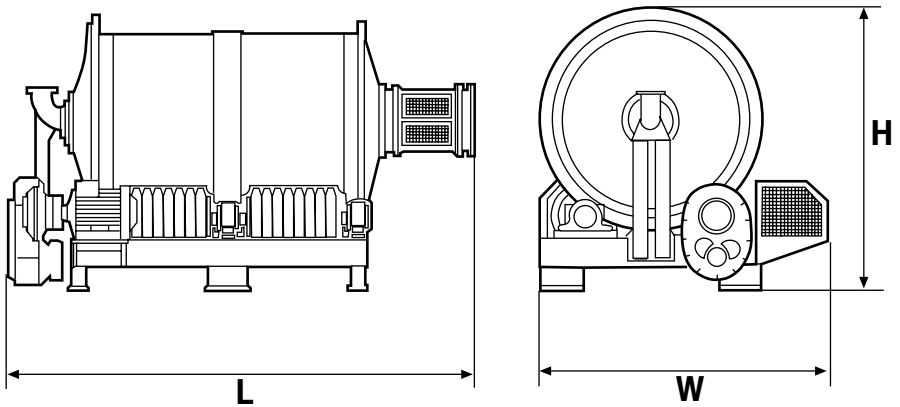
Size reduction

Mill size m (ft) DxL	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/HP
2.4x3.6 (8x11.8)	4350 (171)	5043 (199)	4650 (183)	232/311
2.4x4.2 (8x13.8)	4350 (171)	5643 (222)	4650 (183)	269/361
2.4x4.8 (8x15.7)	4350 (171)	6243 (246)	4650 (183)	306/410
2.8x4.2 (9x13.8)	4800 (189)	5874 (231)	5700 (225)	410/550
2.8x4.9 (9x16)	4800 (189)	6574 (259)	5700 (225)	474/636
2.8x5.6 (9x18.4)	4800 (189)	7274 (286)	5700 (225)	539/723
3.2x4.8 (10.5x15.7)	5200 (205)	6705 (264)	6790 (267)	643/863
3.2x5.6 (10.5x18.4)	5200 (205)	7505 (296)	6790 (267)	745/1000
3.2x6.4 (10.5x21)	5200 (205)	8317 (327)	6790 (267)	846/1135
3.6x5.4 (11.8x17.7)	5600 (221)	7548 (297)	7140 (281)	990/1327
3.6x6.3 (11.8x20.7)	5600 (221)	8448 (333)	7140 (281)	1145/1535
3.6x7.2 (11.8x23.6)	5600 (221)	9394 (370)	7140 (281)	1300/1743
4.0x6.0 (13x19.7)	7900 (311)	8425 (332)	9000 (355)	1452/1947
4.0x7.0 (13x23)	7900 (311)	9938 (391)	9000 (355)	1679/2251
4.0x8.0 (13x26)	7900 (311)	10425 (410)	9000 (355)	1905/2555
4.4x6.6 (14.4x21.7)	8000 (315)	9256 (364)	9500 (374)	2054/2754
4.4x7.2 (14.4x23.6)	8000 (315)	9856 (388)	9500 (374)	2229/2989
4.4x7.7 (14.4x25.3)	8000 (315)	10356 (408)	9500 (374)	2374/3184
4.4x8.2 (14.4x27)	8000 (315)	10856 (427)	5 700 ( 224)	2519/3379

**Conical ball mill**

Mill size m (ft) DxL	H) mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/Hp
2.4x0.9 (8x3)	3 350 (132)	3 430 (135)	3 200 (126)	112/150
2.4x1.2 (8x4)	3 350 (132)	3 730 (147)	3 200 (126)	130/175
2.4x1.5 (8x5)	3 350 (132)	4 040 (159)	3 200 (126)	150/200
2.4x1.8 (8x6)	3 350 (132)	4 340 (171)	3 200 (126)	186/250
2.7x1.5 (9x5)	3 960 (156)	4 270 (168)	3 660 (144)	224/300
3.0x1.2 (10x4)	4 360 (168)	3 810 (150)	3 660 (144)	260/350
3.0x 1.7 (10x5.5)	4 360 (168)	4 110 (162)	3 860 (152)	300/400
3.0x1.8 (10x6)	4 360 (168)	4 420 (174)	3 860 (152)	336/450
3.0x2.1 (10x7)	4 360 (168)	4 720 (186)	3 860 (152)	373/500

**SRR mill**



Size reduction

SRR Ball mill					
Mill size m (ft) DxL	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/Hp	Weight (empty) ton
0.6x0.9 (2x3)	1 110 (44)	1 830 (72)	1 220 (48)	2.2/3	0.9
1.0x1.5 (3.3x5)	1 635 (64)	2 700 (106)	1 850 (73)	11/15	2.4
1.2x2.4 (4x8)	1 970 (78)	3 670 (144)	2 740 (108)	30/40	5.6
1.5x3.0 (3.3x6.6)	2 255 (89)	4 550 (179)	3 150 (124)	75/100	9.2
1.8x3.6 (6x12)	2 660 (105)	5 560 (219)	3 500 (138)	132/177	12.8
2.1x3.6 (7x12)	3 150 (124)	5 830 (230)	4 400 (173)	132+75/	22.0
				177+100 *	

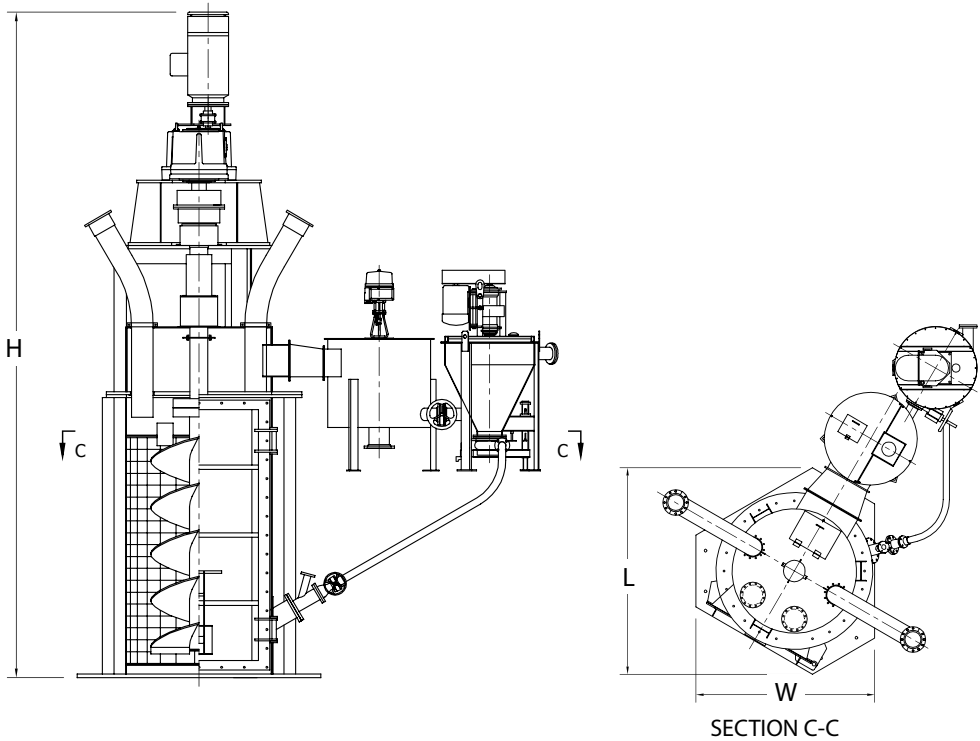
SRR Rod mill					
Mill size m (ft) DxL	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/Hp	Weight (empty) ton
0.6x0.9 (2x3)	1 110 (44)	1 830 (72)	1 220 (48)	2.2/3	1.0
1.0x1.5 (3.3x5)	1 635 (64)	2 700 (106)	1 850 (73)	11/15	3.0
1.2x2.4 (4x8)	1 970 (78)	3 670 (144)	2 740 (108)	30/40	6.2
1.5x3.0 (3.3x6.6)	2 255 (89)	4 550 (179)	3 150 (124)	75/100	10.0
1.8x3.6 (6x12)	2 790 (110)	5 600 (220)	3 900 (154)	55+55/	14.5
				74+74*	

\*Dual drive

**VERTIMILL®**

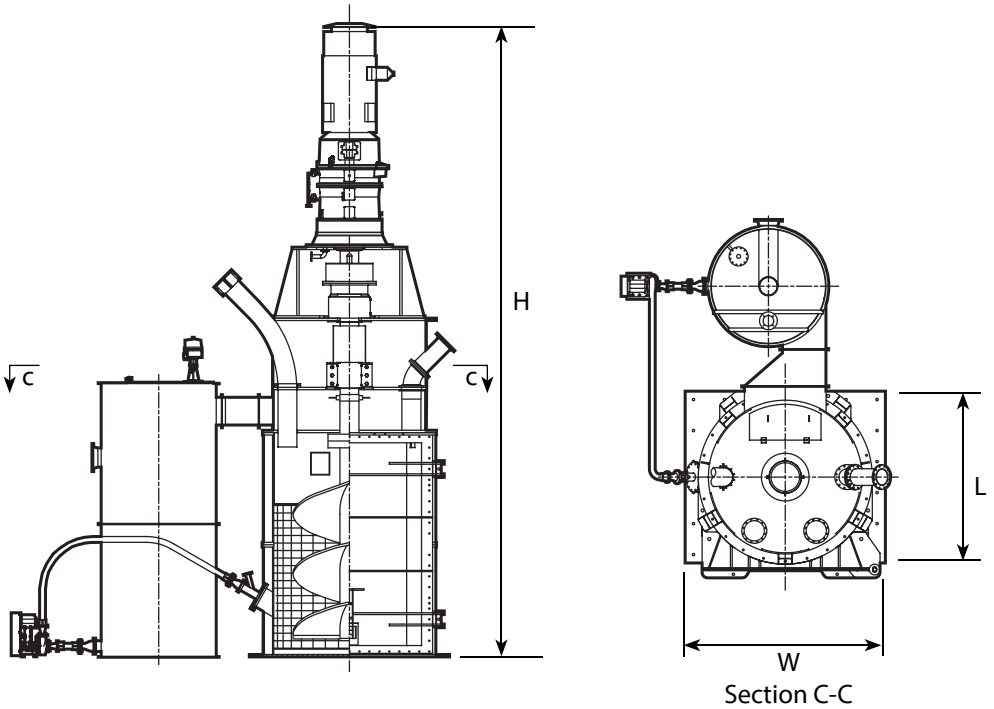
Type WB (Wet grinding – B design) is larger in diameter, but also have larger diameter, screw turning at lower speed and shorter overall height compared with the LS type. They are designed to operate at full motor power. Orebed lining.

Regarding type LS (Lime Slaking) for size reduction and slaking of lime, see 3:52



Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/Hp	Weight (empty) ton
VTM-15-WB	7 060 (278)	1 520 (60)	1 320 (52)	11/15	5.5
VTM-20-WB	7 180 (283)	1 520 (60)	1 320 (52)	15/20	5.9
VTM-40-WB	7 460 (294)	1 780 (70)	1 520 (60)	30/40	8.2
VTM-60-WB	7 600 (299)	1 780 (70)	1 520 (60)	45/60	8.8
VTM-75-WB	7 900 (311)	1 960 (77)	1 700 (67)	56/75	12.5
VTM-125-WB	9 270 (365)	2 670 (105)	2 310 (91)	93/125	17.9
VTM-150-WB	9 780 (385)	2 670 (105)	2 310 (91)	112/150	19.6
VTM-200-WB	9 780 (385)	2 670 (105)	2 310 (91)	150/200	20.5
VTM-250-WB	9 650 (380)	3 660 (144)	3 180 (125)	186/250	33.8
VTM-300-WB	9 650 (380)	3 660 (144)	3 180 (125)	224/300	35.7
VTM-400-WB	11 320 (446)	3 910 (154)	3 380 (133)	298/400	52.7
VTM-500-WB	12 070 (475)	3 860 (152)	3 780 (149)	373/500	66.1

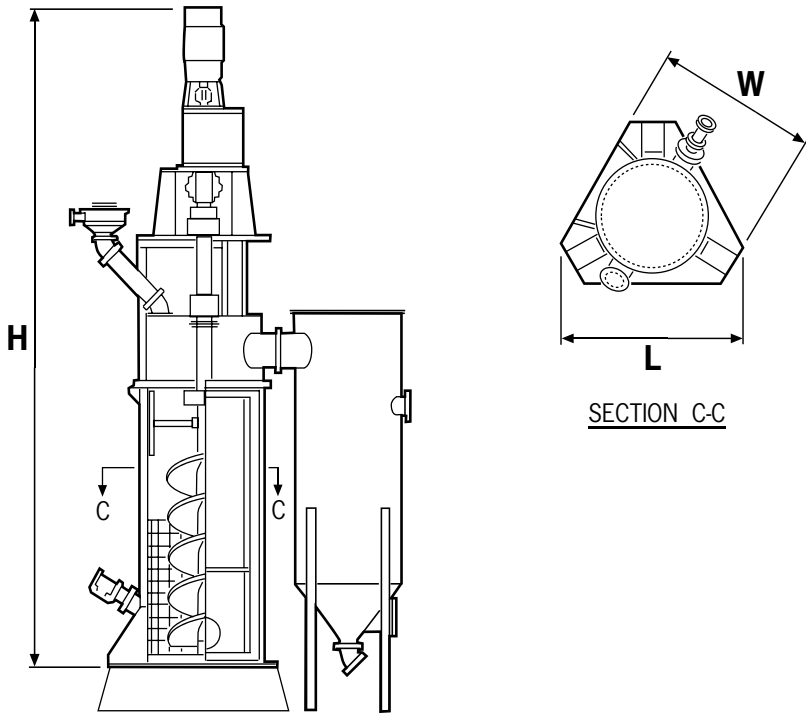
**VERTIMILL®**



Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/Hp	Weight (empty) ton
VTM-650-WB	12 270 (483)	3 250 (128)	3 860 (152)	485/650	82.6
VTM-800-WB	13 460 (530)	3 560 (140)	4 060 (160)	597/800	100.4
VTM-1000-WB	13 460 (530)	3 660 (144)	4 270 (168)	746/1 000	116.1
VTM-1250-WB	13 460 (530)	4 090 (161)	4 520 (178)	932/1 250	125.4
VTM-1500-WB	14 220 (560)	4 370 (172)	4 570 (180)	1 118/1 500	167.0
VTM-3000-WB	17 590 (692)	6 820 (268)	6 880 (271)	2 237/3 000	343.0
VTM-4500-C	18 600 (732)	6 820 (268)	6 880 (271)	3355/4500	367.0

**VERTIMILL®****Type LS (Lime Slaking) for size reduction and slaking of lime**

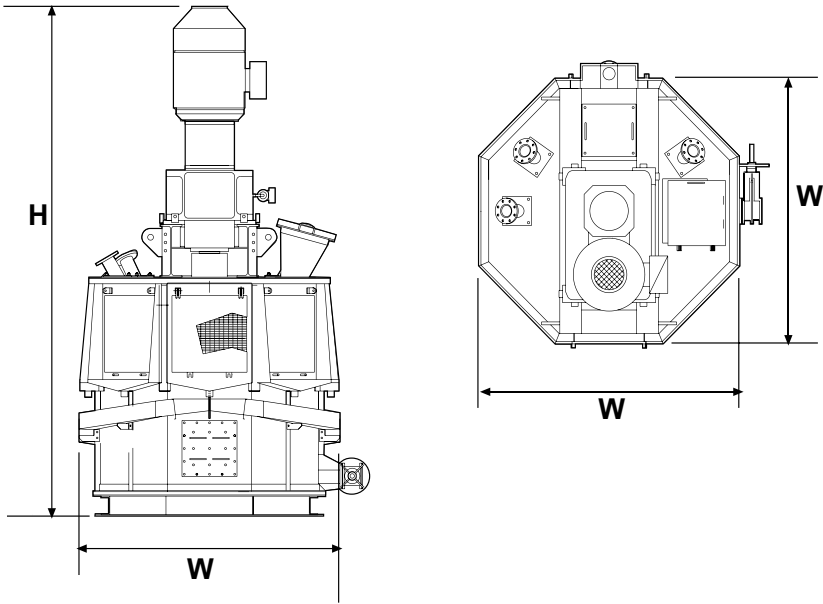
Regarding type WB (Wide body) for grinding operations only, see: 3:50-51.



Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/Hp	Weight (empty) ton
VTM-20-LS	7 060 (278)	1 520 (60)	1 320 (52)	15/20	5.5
VTM-30-LS	7 180 (283)	1 520 (60)	1 320 (52)	22/30	5.9
VTM-50-LS	7 460 (294)	1 780 (70)	1 520 (60)	37/50	8.2
VTM-100-LS	7 900 (311)	1 960 (77)	1 700 (67)	45/60	8.8
VTM-150-LS	8 740 (344)	2 670 (105)	2 310 (91)	75/100	12.5
VTM-200-LS	9 780 (385)	2 670 (105)	2 310 (91)	112/150	17.9
VTM-300-LS	10 160 (400)	3 660 (144)	3 180 (125)	150/200	19.6
VTM-400-LS	11 320 (446)	3 910 (154)	3 380 (133)	224/300	50.0

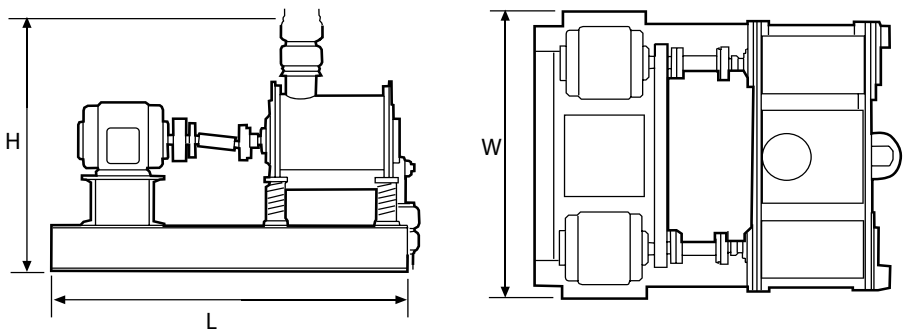


**Stirred media grinding mill**



Model	Power motor kW (HP)	H mm (inch)	W mm (inch)	Weight (empty) kg (lb.)
SMD-90	90 (120)	4215 (166)	2130 (84)	4020 (8 863)
SMD 185	185 (250)	4 350 (171)	2 275 (90)	7 200 (15 875)
SMD 355	355 (475)	5 990 (236)	2 800 (110)	13 450 (29 650)
SMD 1100	1 100 (1475)	4 825 (190)	4 220 (166)	27 500 (60 630)

**Vibrating ball mill**



Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/HP	Weight (empty) ton
VBM 1518*	1 120 (44)	1 780 (70)	1 350 (53)	2x5.6/2x7.5	1.2
VBM 3034**	1 680 (66)	2 790 (110)	2 130 (84)	2x37/2x50 6.2	

\* Grinding chamber diameter 15”(380mm), length 18”(460mm)

\*\* Grinding chamber diameter 30”(760mm), length 34”(860mm)



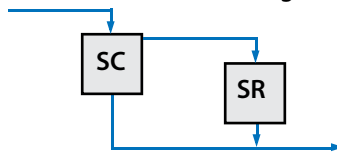
## Size control – Introduction

With size control we understand the process of separating solids into two or more products on basis of their size. This can be done dry or wet.

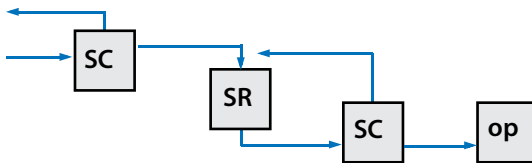
As mentioned earlier neither crushers nor grinding mills are too precise in their size reduction job and a lot of size fractions are misplaced. By using optimum size control the result can be improved both regarding capacity, size and particle shape.

## Size control by duties

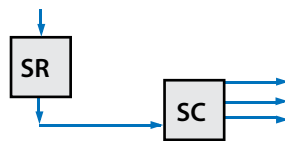
**To prevent** undersize in the feed from blocking the next size reduction stage (scalping)



**To prevent** oversize from moving into the next size reduction or operation stage (circuit sizing)



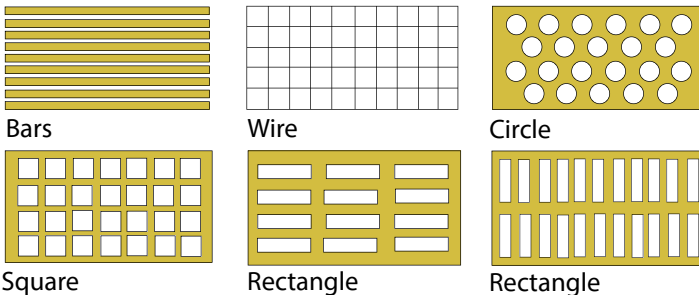
**To prepare** a sized product (product sizing)



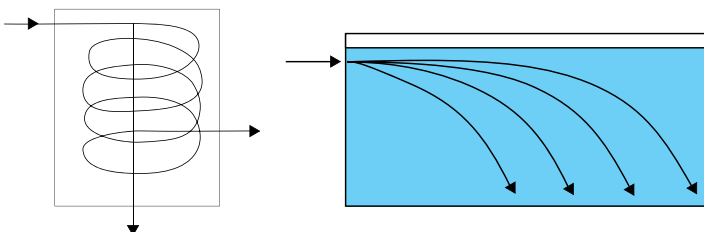
## Size control by methods

In mineral processing practices we have two methods dominating size control processes:

- **Screening** using a geometrical pattern for size control.



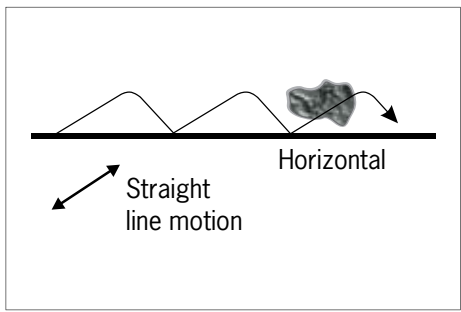
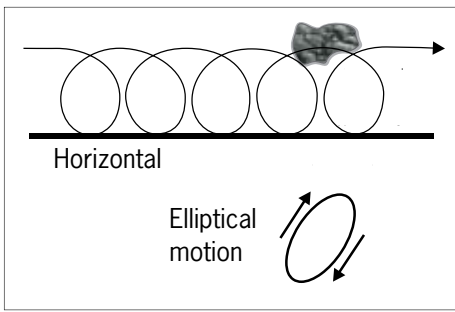
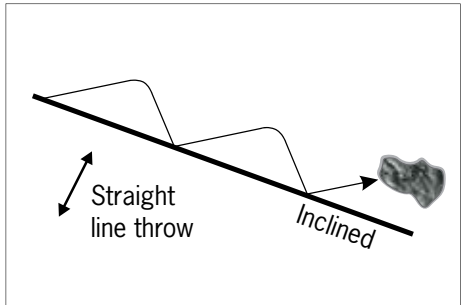
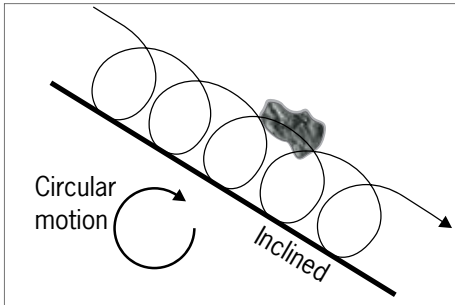
- **Classification** using particle motion for size control.



### Screens

Performance of screens will fall back on three main parameters:  
**Motion – Inclination – Screening media**

#### Screen motions



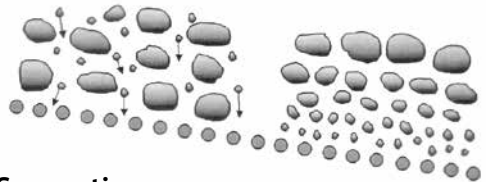
#### Screening by stratification

By building up a material bed on a screen deck the material will stratify when the motion of the screen will reduce the internal friction in the material. This means that the finer particles can pass between the larger ones giving a sharp separation.

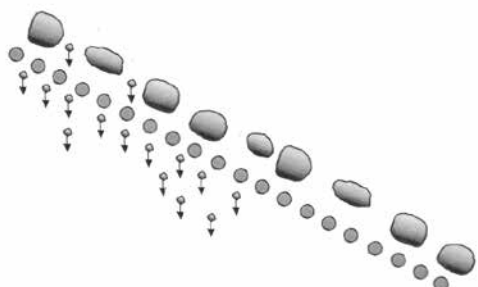
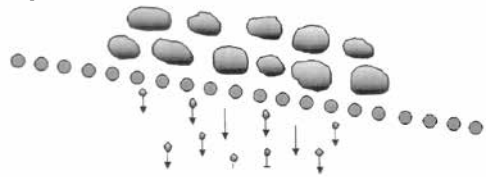
#### Screening by free fall

If we use the double inclination used for stratification (from 10-15 up to 20-30 degrees) we are in free fall, meaning that no particle layer can build up on the screen deck. The particles will now be sized directly via the screening media, giving a higher capacity, (or a more compact installation), but also less sharpness in separation. Optimal use when a large amount of fines shall be removed fastly.

#### Stratification



#### Separation



## Screen types

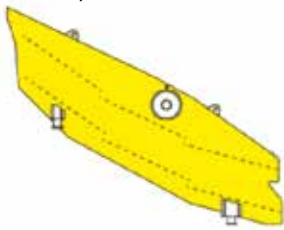
There are many types of screens, but they can be reduced to the four types shown below. Of these types approx. 80 % used worldwide are of type **single inclination**, stratification screens. The other are of type **double, triple or multiple inclination**, where screening by stratification and free fall are combined for different applications.



### Single inclination

- Stratification screen
- Circular (15 deg.)
- Linear 0 – 5 (deg.)
- Still the leader in selective screening

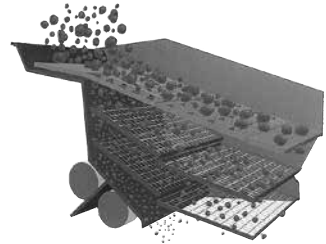
Data sheet, see 4:6



### Triple inclination

- Combine capacity and selectivity
- Typical control screen for advanced product fractions

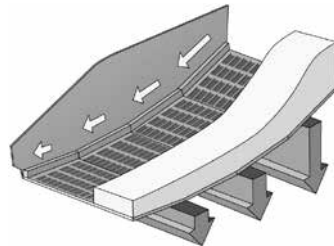
Data sheets see 4:8



### Double inclination

- Free fall
- Compact - high capacity paid for by lower selectivity
- Typical in circuit screening

Data sheet, see 4:7



### Multiple inclination ("banana screen")

- Effective "Thin-layer" screen
- Popular in coal and metallic mining

Data sheets, see 4:8

## Screen capacities

Sizing of screens is a time consuming process to be done by specialists. To get an idea about capacities we can use the figures below. They refer to screening by stratification using wire mesh as screening media.

Separation (mm)	Feed through screen deck (t/h)			
	3.6 x 1.5 m	4.2 x 1.8 m	4.8 x 2.1 m	6.0 x 2.4 m
	5.4 m <sup>2</sup>	7.6 m <sup>2</sup>	10.0 m <sup>2</sup>	14.4 m <sup>2</sup>
2	20	30	45	65
5	50	70	95	135
8	75	105	140	180
12	100	145	200	230
16	125	180	230	270
25	175	250	300	350
32	200	290	350	400
50	270	370	430	500
90	370	460	550	640

### Example:

Single deck screen. Feed size 50% - 2 mm. Feed capacity 90 t/h, cut 2 mm.

**Select:** a 10 m<sup>2</sup> screen deck.

## Selection of screening media

Selection of the correct size and type of screen is important. Equally important is the selection of the screening media. This refers not only to a correct aperture related to the "cut size", but also to the wear in operation of these screens. Below a short selection guide to screening media can be found.

### Rubber or polyurethane?

Feed size	Select	Because
>35 mm dry	Rubber 60 sh	Absorbes impact Resistant to sliding abrasion
<0-50 mm wet	Polyurethane	Very good against sliding abrasion Accurate separation
<40 mm dry/moist	Rubber 40 sh (soft)	Very flexible Prevents blinding

**Look out for:** Oil in rubber applications  
Hot water or acids in PU-applications

### What thickness?

General rule for min. thickness

$$\frac{\text{Max feed size}}{4} = \text{Panel thickness}$$

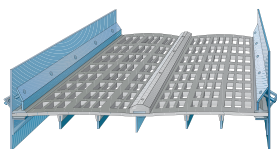
What happens if we go...?



+	Capacity	-
+	Accuracy	-
-	Service life	+
-	Blinding/Pegging	+
	Tendency	

N.B.: Thickness should not exceed required product size

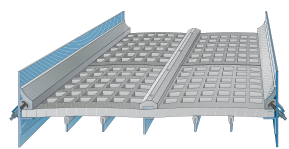
### What type of panel



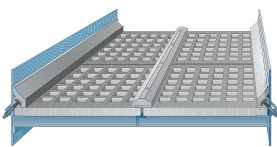
*Tension mats with hooks fits all screens designed with cambered decks and tensioning rails.*



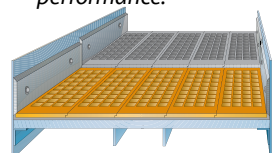
*Wire mesh panels offer superior open area and are quickly available.*



*Bolt down panels, pre-tensioned for easy installation and guaranteed screening performance.*



*Self supporting panels, for screens of open frame design for tough applications.*



*Modular systems provide flexibility in wear material/hole configuration combinations.*

**What hole size? (Inclined deck)**

**General guideline for wire mesh:**

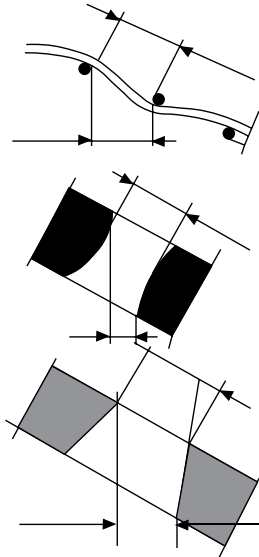
“Required product size plus 5 – 10%”

**General guideline for rubber panels:**

“Required product size plus 25 – 30%”

**General guideline for PU panels:**

“Required product size plus 15 – 20%”



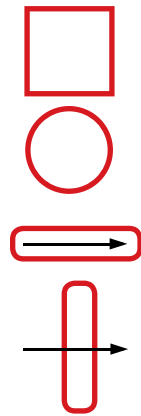
**What type of hole?**

The standard choice

For improved service life (coarse screening)

For improved capacity

For improved accuracy and dewatering

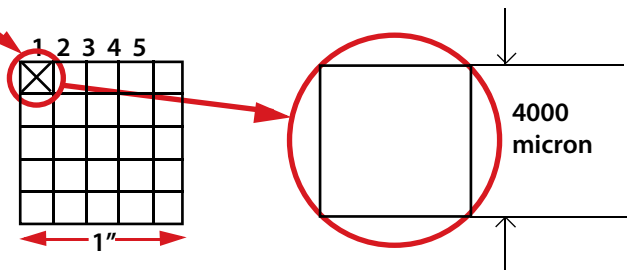


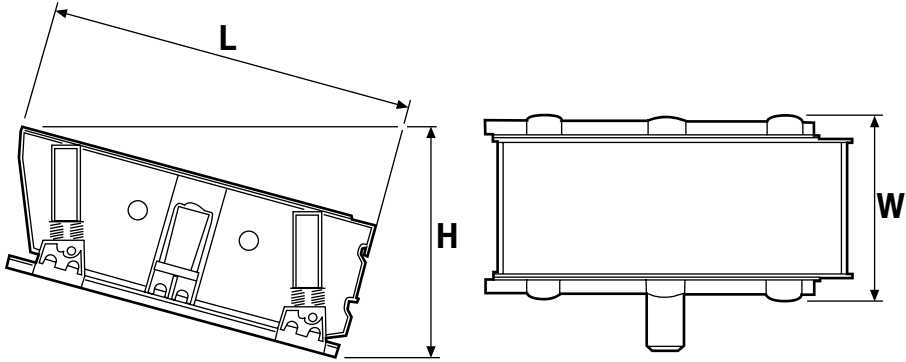
**Particle size – Mesh or Micron?**

mesh*	micron	mesh	micron	mesh	micron
2½	8000	14	1180	80	180
3	6700	16	1000	100	150
3½	5600	20	850	115	125
4	4750	24	710	150	106
5	4000	28	600	170	90
6	3350	32	500	200	75
7	2800	35	425	250	63
8	2360	42	355	270	53
9	2000	48	300	325	45
10	1700	60	250	400	38
12	1400	65	212	500	25

\*Taylor serie (US)

Mesh number = the number of wires per inch or the number of square apertures per inch



**Single inclination screen – Circular motion**

Dimensions at 15° inclination

Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/hp	Weight ton
VFS 36/15 2d	2 700 (106)	4 465 (176)	2 230 (88)	11/15	3.7
VFS 42/18 2d*	2 965 (117)	5 065 (199)	2 530 (100)	15/20	4.5
VFS 48/21 2d	3 100 (122)	5 665 (223)	2 830 (111)	18.5/25	5.5
VFS 36/15 3d	3 065 (121)	4 465 (176)	2 230 (88)	15/20	4.7
VFS 42/18 3d	3 220 (127)	5 065 (199)	2 530 (100)	18.5/25	5.8
VFS 48/21 3d	3 530 (139)	5 665 (223)	2 830 (88)	22/30	7.5
VFSM 42/18 2d**	2 900 (114)	5 200 (205)	2 530 (100)	18.5/25	5.6
VFSM 48/21 2d	3 050 (120)	5 800 (228)	2 830 (111)	22/33	7.0
VFSM 60/24 2d	3 550 (140)	7 000 (276)	3 340 (131)	2x18.5/2x25	10.8
VFSM 48/21 3d	3 425 (135)	5 800 (228)	2 830 (88)	2x18.5/2x25	8.5
VFSM 60/24 3d	4 305 (170)	7 000 (276)	3 340 (131)	2x22/2x33	14.2

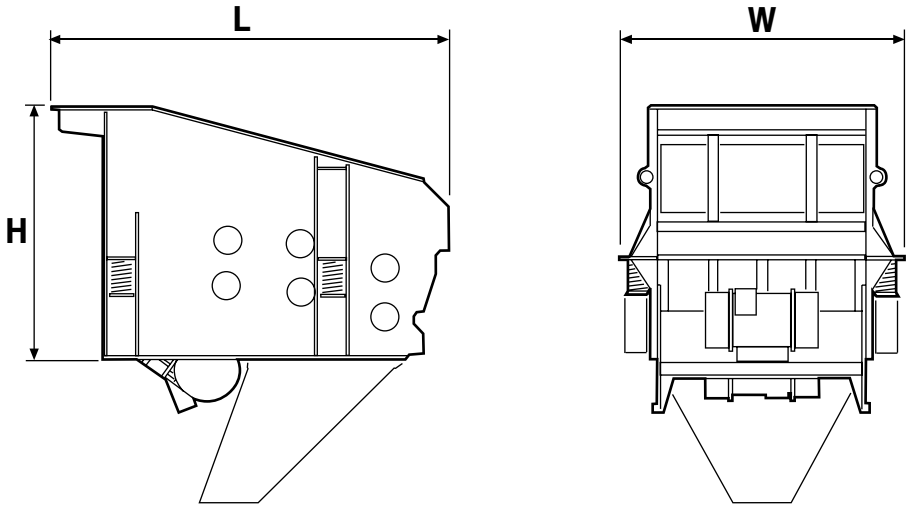
\* VFS 42/18 2d = screen deck dimension 4.2m x1.8m (165"x70"), double deck

\*\*VFSM 42/18 2d = same as above but heavy duty version

Screening area calculated from screen type ex. VFS 42/18;  $4.2 \times 1.8 = 7.6 \text{ m}^2$  x11= **82ft<sup>2</sup>**



**Double inclination screen – Linear motion**

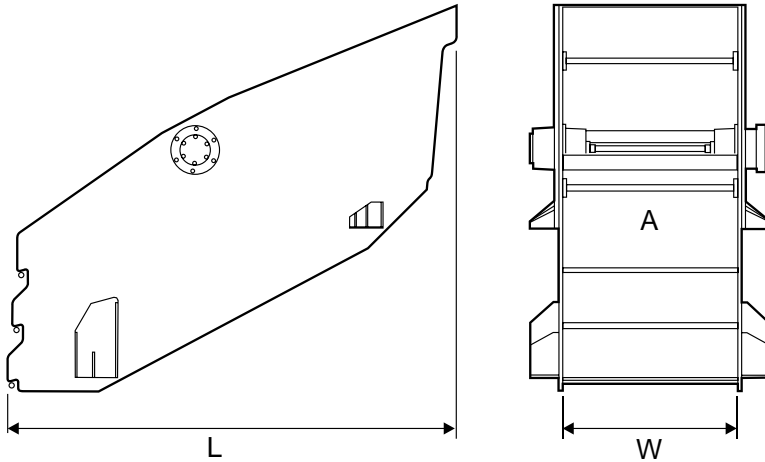


Size control

Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/hp	Weight ton	Max feed mm/inch
VFO 12/10 2d	1 450 (57)	1 330 (52)	435 (17)	2x1.3/2x1.7	1.0	120/5
VFO 20/12 2d	1 515 (60)	2 380 (94)	1 700 (67)	2x2.3/2x3.1	1.6	150/6
VFO 20/12 3d	1 515 (60)	2 380 (94)	1 700 (67)	2x2.3/2x3.1	1.7	150/6
VFOM 12/10 3d*	1 390 (55)	1 460 (57.9)	1 426 (56)	2x2.3/2x3.1	1.3	300/12
VFOM 20/12 3d	1 915 (75)	2 980 (117)	1 720 (68)	2x4.0/2x5.4	2.7	300/12

\* VFOM, heavy-duty version with dual springs at feed and discharge ends

**Triple inclination screen – Linear motion**

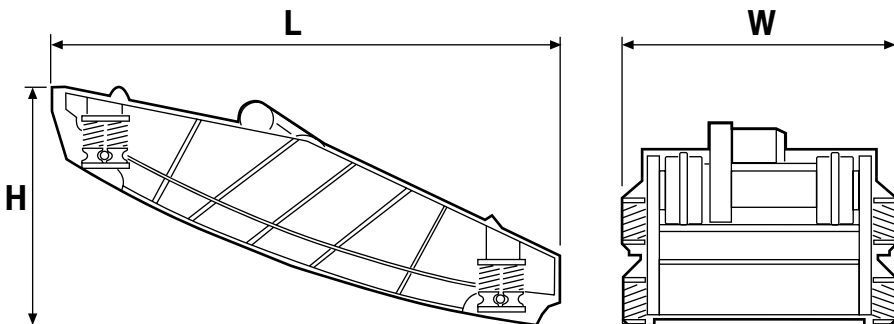


Size control

Model	L mm (inch)	W mm (inch)	A m <sup>2</sup> (Sq. ft.)	Power motor kW /HP	Weight ton
TS 2.2*	5 830 (230)	1 530 (60)	7.5 (80)	15/20	6
TS 2.3*	5 830 (230)	1 530 (60)	7.5 (80)	15/20	8
TS 3.2	6 330 (249)	1 839 (72)	11 (116)	22/30	8
TS 3.3	6 330 (249)	1 839 (72)	11 (116)	22/30	10
TS 4.2	6 350 (250)	2 445 (96)	15 (156)	30/40	9
TS 4.3	6 350 (250)	2 445 (96)	15 (156)	30/40	12
TS 5.2	8 595 (338)	2 445 (96)	20 (215)	30/40	16
TS 5.3	8 595 (338)	2 445 (96)	20 (215)	2x22/2x30	20
TS 6.2	8 734 (344)	3 045 (120)	25 (269)	2x22/2x30	20
TS 6.3	8 736 (344)	3 045 (120)	25 (269)	2x30/2x40	24

\* TS 2.2 = 2 decks and TS 2.3 = 3 decks screen

**Multiple inclination screen – Linear motion (Banana screen)**



Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power motor kW/hp	Weight ton
MF 1800x6100 1d	2 703 (107)	6 430 (253)	2 555 (101)	22/30	6.7
MF 2400x6100 1d	2 691 (106)	6 431 (253)	3 166 (125)	30/40	8.5
MF 3000x6100 1d	2 897 (114)	6 614 (260)	3 774 (149)	45/60	11.5
MF 3000x6100 2d	4 347 (171)	6 759 (266)	3 774 (149)	45/60	17.0

## Classification – Introduction

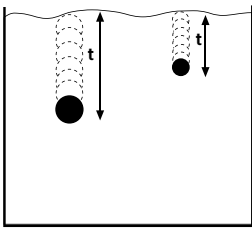
For size control of particles finer than 1 mm, we are moving out of the practical range of conventional screens.

Classification is the process of separating particles by size into two or more products according to their behavior in air or water (liquids).

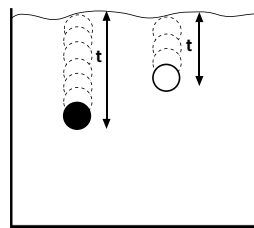
Classification methods

- **Wet classification with hydrocyclones** using separation by centrifugal force covering the size range of 100 – 10 micron (typical)
- **Wet classification with spiral classifiers** using separation by gravity covering the size range of 100 – 1000 micron (typical)
- **Dry classification** using separation by centrifugal force covering the range of 150 – 5 micron (typical).

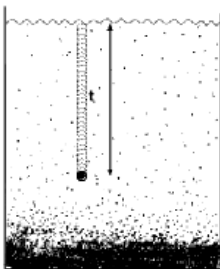
## Wet classification – fundamentals



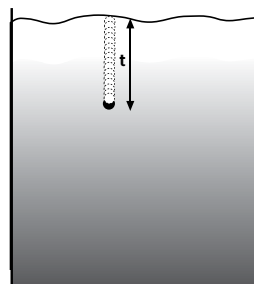
Coarse particles move faster than fine particles at equal density



High density particles move faster than low density particles at equal size



Free movement



Hindered movement

If a particle has no interference from other particles it moves faster than a particle surrounded by other particles due to increased density and viscosity of the slurry. This is called **free** and **hindered** movement and is valid both for gravity and centrifugal classification.

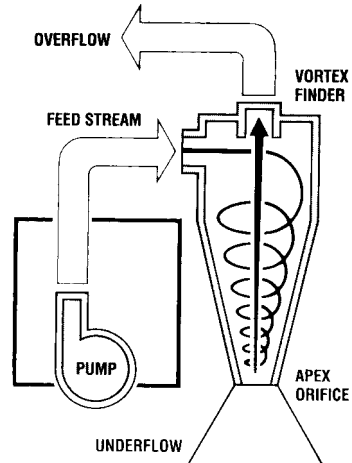
## Size control

### Hydrocyclone\*

Centrifugal forces classify solids by size (mass).

High mass particles closer to outer wall reporting to underflow.

Low mass particles closer to the centre reporting to overflow.



### Hydrocyclone design

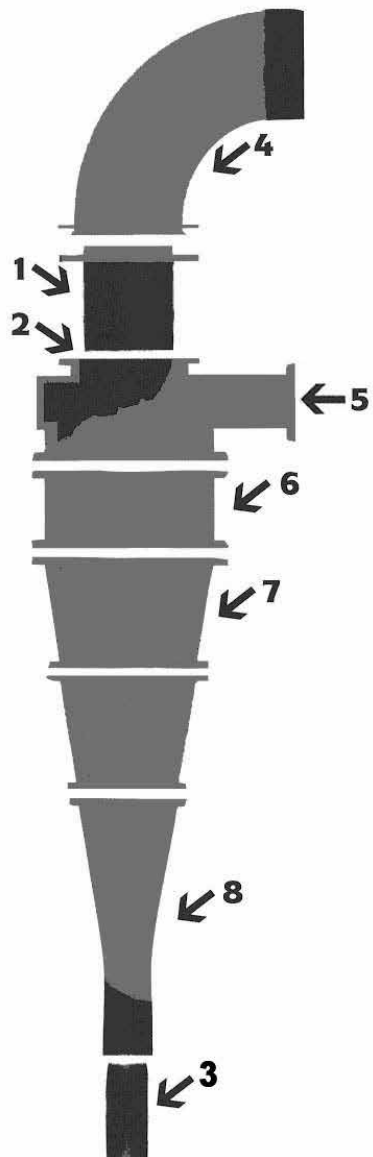
1. Vortex finder
2. Inlet head
3. Spigots (apex)
4. Overflow elbow
5. Feed inlet
6. Barrel
7. Cones
8. Cone extension

### Hydrocyclone applications – more than size control

Although the hydrocyclone by nature is a size controlling machine the number of applications in mineral are many

- Classification in grinding circuits
- Dewatering and thickening
- Desliming and washing
- Enrichment of heavy minerals (DMS)
- a.o.

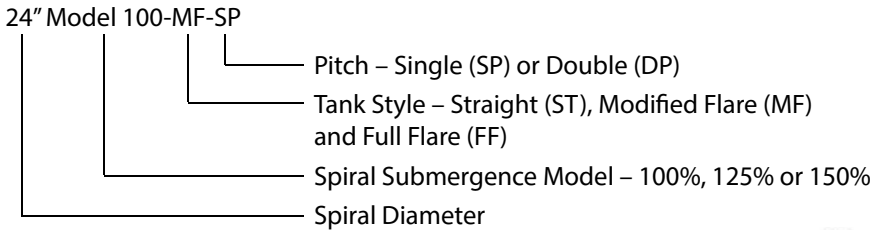
\* Contact Metso for further information about this product.



## Spiral classifier\*

By combining a gravity settler of rectangular section with a sloped transport spiral for the sediment – we have a spiral classifier.

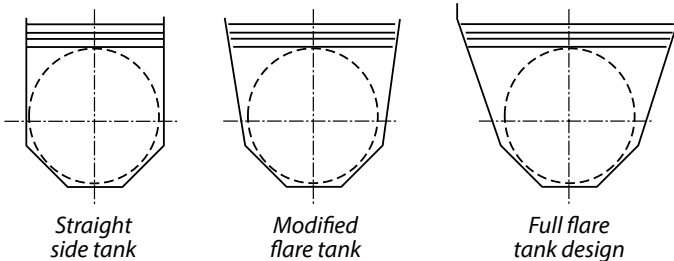
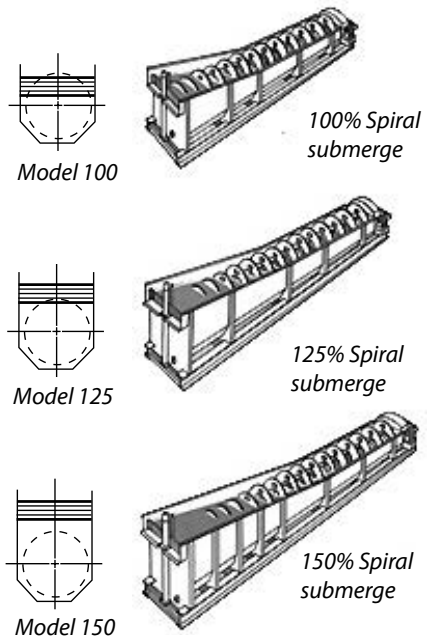
### Spiral classifier – Nomenclature



### Spiral classifier – Design

By combining the proper submergence of the spiral as shown in the drawings of the three models at right with one of the three tank designs a choice of combinations are possible. Thus the selection can be tailored to suit each problem. The proper combination of pool depth, area and spiral construction, result in controlled turbulence for accurate size separations or efficient washing or dewatering as desired.

The required pool area is balanced with the sand raking capacity of the spiral by the design of the tank. Tank designs to suit specific applications are shown below.



**Straight side:** For coarse separations.

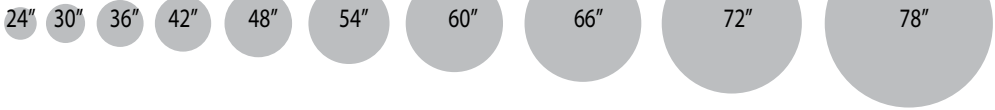
**Modified flare:** Increases pool area for intermediate to fine separations and for washing and dewatering.

**Full flare:** Maximum pool area for fine to very fine separations and for washing and dewatering where large volumes of water are to be handled.

Sand raking and conveying is usually a major consideration in any classifier application, and the full range of spiral diameters available cover all requirements. Each of these units is designed for high efficiency and greater raking capability due to the increased lead or helix angle of the spiral. This increased lead angle results in improved conveying efficiency and greater conveying capacity.

## Size control

---

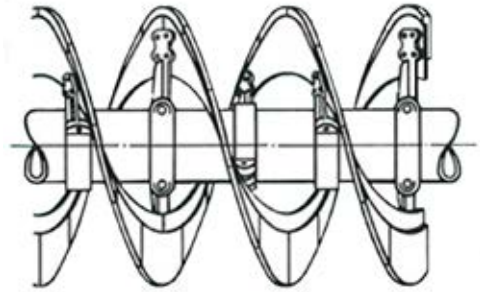
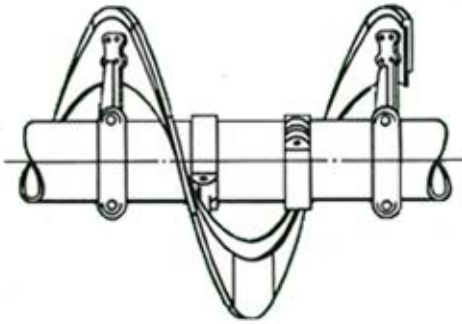


### Single pitch:

Single pitch spirals are available on all sizes of classifier and consist of one continuous spiral ribbon.

### Double pitch:

The double pitch spiral has twice the raking capacity of a single pitch assembly and consists of two duplicate spiral ribbons. This construction is available for all sizes of classifier.



\* Contact Metso for further information about this product.

Size control

## Dry classification – Introduction

### General

The Static and dynamic air classifiers offer solutions in combination with ancillary equipment to meet the demands of almost any dry separation requirement. This equipment offers solutions to the mining, construction, industrial mineral and chemical industries. A wide range of separations are available from 1.4mm (12#) down to 10 $\mu$ m (#1250) with separation efficiencies of up to 95%. Full, flexible engineering design and support is available to ensure full integration.

Classifier throughputs range from lab size units to applications processing hundreds of tones per hour. Application, feed type, fineness of classification and classification accuracy required influence the allowable moisture in the feed which typically ranges from 2.5% to below 1% dependant on the process.

The static and dynamic classifiers offer tailored solutions for a wide range of applications. Machine sizing and selection is normally done in consultation with the product line to ensure correct application and matching with required ancillary equipment.

### Typical applications

#### Mining

Dry grinding  
Arid zone mining

#### Construction

Concrete sand  
Asphalt sand  
Mineral filler

#### Industrial Minerals

Silicates  
Graphite  
Glass  
Ceramics  
Salts  
Feldspar  
Talc  
Chalk

Diatomaceous earth  
Gypsum  
Betanite

#### Cement and Pozzolan

Fly Ash  
Slag  
Cement  
Other pozzolan

#### Chemical

Soda Ash  
Metallurgical processing additives  
Cosmetics  
Stearate (salts)  
Fertilizer  
Bicarbonate (FGD)

### Static classifiers

Static air classifiers achieve accurate separations from 1.4 mm (12 mesh) to 20 $\mu$ m (635 mesh). The static air classifiers are designed to achieve extremely accurate separations even though they contain no moving elements in the airstream.

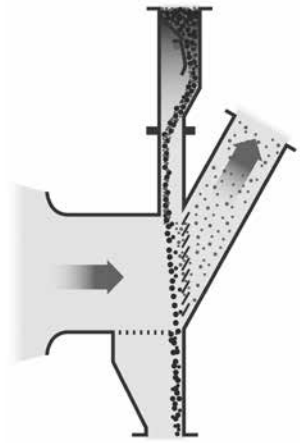
This is achieved through airflow design and use of recirculating, secondary airflow on finer separations to scrub the coarse product before it is discharged. The recirculating airflow is adjustable so the amount of undersize retained is also adjustable. This provides fine tuning of the end products so exact product specifications can be achieved. The design of the recirculating systems mean that adjustments can be done during production and results are instant.

The static design of these classifiers offers excellent wear characteristics through the use of ceramic linings whose lifetimes are measured in years, low maintenance requirements and low power draw.

### *Gravitational classifiers*

The gravitational classifiers are designed for coarser separations in the range of 1.4mm/150 $\mu$ m (12/100#). The feed material is spread over the width of the classifier and drops as a continuous feed curtain through the top of the classifier. Low velocity air enters the classifier through the front inlet and is drawn through the feed curtain which is dropping in front of the angled vanes on the air outlet.

The air stream enters the feed curtain perpendicularly and draws the finer particles from the curtain of material. The air current then draws the particles up almost vertical through the vane rack. Gravitational classifiers are suitable for closing grinding circuits, de-dusting of coarser feeds, reducing a high feed loading rate to a finer classifier and it can also be used as a density separator if the specific gravity difference of the product : waste ratio is  $> 5:1$ .

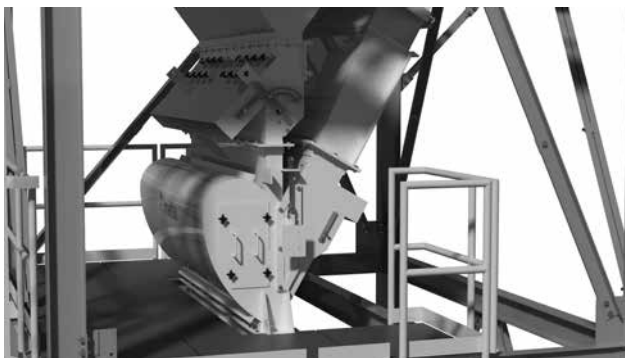


*Gravitational classifier*

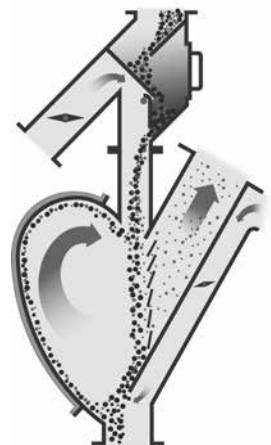
### *Gravitational inertial classifiers*

These units combine gravitational, inertial, centrifugal and aerodynamic forces to achieve separations from 300  $\mu$ m /63 $\mu$ m (50/230#). The feed material is spread over the width of the classifier and drops as a continuous feed curtain through the top of the classifier. The primary air also enters the top of the classifier in a downward direction with the feed. The air is drawn through the feed curtain and then through a 120° change in direction and exits through the vanes carrying undersize particles with it.

The coarser particles that are not drawn away drop down to where a secondary air flow is drawn into the classifier. The coarse particle curtain is scrubbed by this secondary air with the finer fraction being drawn by the secondary airflow back into the primary feed curtain. By making simple adjustments to the secondary air damper the end products can be modified. As there are no moving parts within the material flow stream significantly reduces maintenance requirements. Use of ceramic lining throughout the classifier gives impressive wear resistance.



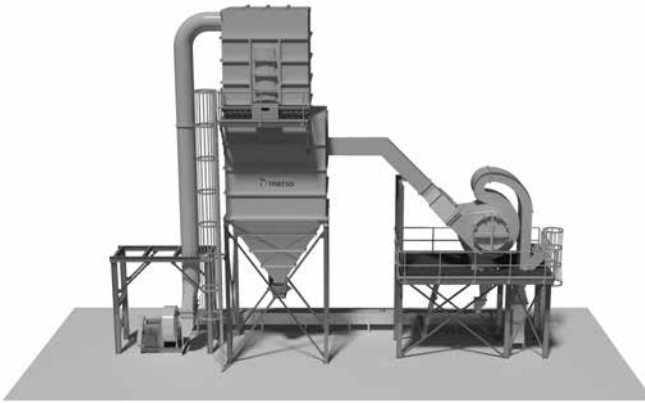
*Gravitational inertial classifier*





## Centrifugal classifiers

The centrifugal classifier utilizes centrifugal forces in a similar way to cyclones to induce fine particle separation. The classifier is capable of separations in the range of 100/15 $\mu$ m (140/800#). The classifier has widespread acceptance in industrial minerals, cement and fly ash applications where its high degree of separation accuracy and exceptionally low maintenance requirements exceeds operator expectations. The classifier is used in conjunction with a dust collector and system fan. Systems can have an open or closed loop dependant on application and numerous dust collector and silo storage options.



*Centrifugal classifier, dust collector and fan*



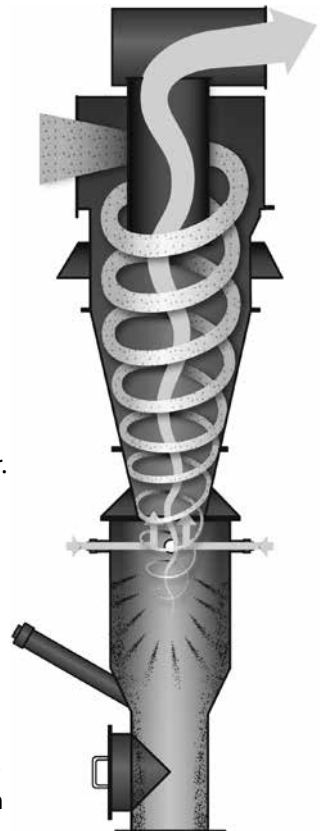
Size control

## Cyclonic ultrafine classifiers

Specially designed high efficiency cyclonic classifiers with controllable reverse air flow systems can achieve adjustable ultrafine classifications. The cyclonic ultrafine classifier is a hybrid air cyclone that combines cyclone and classifier designs to separate very fine particles. In conventional air cyclones, the aim is to remove as much of the particulate from the airstream as possible. However the cyclonic ultrafine classifier is designed to allow the finest particles to be removed in the ascending vortex.

This separation is achieved by introducing a reverse airflow into the specially designed disengaging hopper that weakens the descending vortex and creates a stronger entraining force in the ascending vortex that draws the required particles away to the fines collector. Control of the separation point is achieved by varying the percentage of reverse airflow relative to the total air.

The cyclonic ultrafine classifier is designed to achieve separations in the region of 50 $\mu$ m (#270) to 10 $\mu$ m (#1250) with a top feed size of 5mm (#4). The cyclonic ultrafine classifiers are very low maintenance even on highly abrasive feeds. The unit contains no moving parts and adjustments can be made on-line. The range of manufacturing materials available includes abrasion resistant, stainless and mild steels and aluminum. For abrasive applications, ceramic lining is available which give exceptional sliding wear resistance.



*Cyclonic ultrafine classifier*

### *Dynamic classifiers*

The dynamic air classifiers are built to suit a range of applications and systems and have been often installed on air swept mills circuits. The gyrotor, a rotating vane air classifier, separates dry, solid, homogenous particles by size. Delta-sizers are designed for accurate separation of dry feeds at high efficiency and low power consumption on a continuous basis.

#### **Gyrotors**

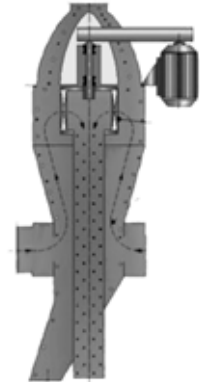
Utilizes a rotating vane to separate dry solid particles by size for separations for 500/45 $\mu$ m (35/325 mesh). Gyrotors can be integrated into a conventional closed or open dry grinding circuit. Gyrotors can also be utilized in a classification only system complete with cyclone, fan, dust collector and rotary air locks.



Gyrotor

#### **Delta-sizers**

Delta-sizers are designed for accurate separation of dry feeds at high efficiency and low power consumption on a continuous basis. The Metso Delta-sizer can be integrated into a conventional closed or open dry grinding circuit; or utilized in a classification only system complete with cyclone, fan, dust collector and rotary air locks.



Delta-sizer

### *Ancillary air solutions*

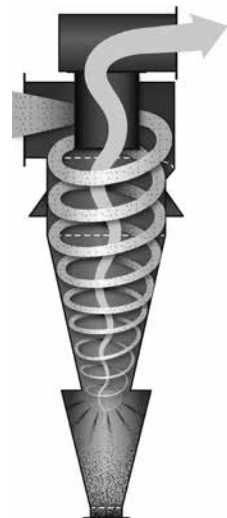
Ancillary air solutions provide the systems required for the correct operation of the classifier equipment as well as offering other dry solution capabilities.

#### **High efficiency cyclones**

High efficiency cyclone technologies are specifically tailored to the needs of the mining, industrial mineral and construction industries.

The high efficiency cyclones are the product of significant development with the aim of achieving extremely high levels of particle removal from the airstream. The unique inlet scroll is designed with a smooth flow elbow to eliminate currents perpendicular to the main direction of gas flow that is present in standard conventional rectangular entrance cyclones.

Custom designed disengaging hoppers give high efficient separations by creating a void that hosts the bottom section of the descending vortex and allows the particles to disengage from the airstream before it ascends the gas outlet tube.

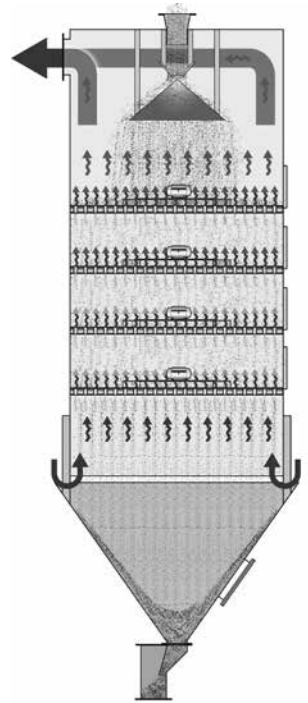


High efficiency cyclone

### Multi-stage fluid bed coolers

Direct particle cooling and cleaning technologies are designed to process granular feeds. Multi-stage fluid bed coolers have been developed to offer simple practical solutions for cooling and cleaning granular feeds. These coolers are designed to work in conjunction with a dust collector and system fan to create a drop in pressure that draws in atmospheric air.

The feed enters the cooler through an airlock and is then evenly distributed onto the first perforated plate tray. Each tray has specifically designed apertures and is individually vibrated by an electric activator mounted above the plate. The rising airflow passes through the tray apertures and creates a fluidized bed of particles whilst carrying the ultrafine particles away to the dust collector. The fluidized bed dictates the particles residence time before dropping down to the next level plate. The individual particles eventually pass into the collection hopper where they exit the cooler through the sample valve airlock.



Multi-stage fluid bed cooler

### Smart package dust collectors

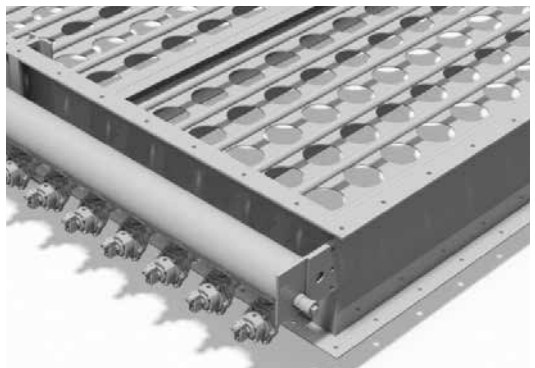
To fully support the classification solutions offering, the ancillary equipment requirement must be considered.

To fully support this offering, the ancillary equipment requirement must be considered. The smart package was developed to offer a quality dust collecting solution without unnecessary transportation costs while ensuring quality solutions. Dust collectors tend to be large, bulky pieces of equipment that are expensive to transport due to their significant volume.

The smart package is designed as an easily transportable solution that offers a simple, local manufacturing solution to customers requiring pulse jet dust collectors. The smart package consists of the tube sheet, solenoids, pulse pipes and air manifold. The Smart Package is supplied with Metso's pulse jet dust collector engineering design to ensure successful installation. Smart package designs are available to meet the capacity requirements of the air classifier range and are also suitable for other dust collection duties.



The smart package dust collector.

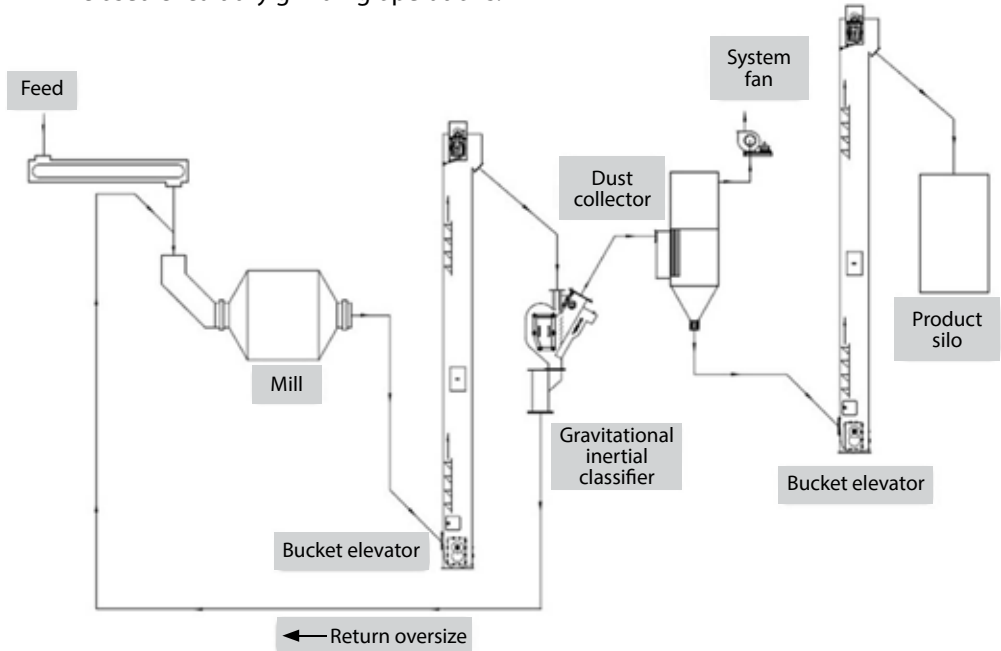


Close up of the smart package tube sheet, solenoids, pulse pipes and air manifold.

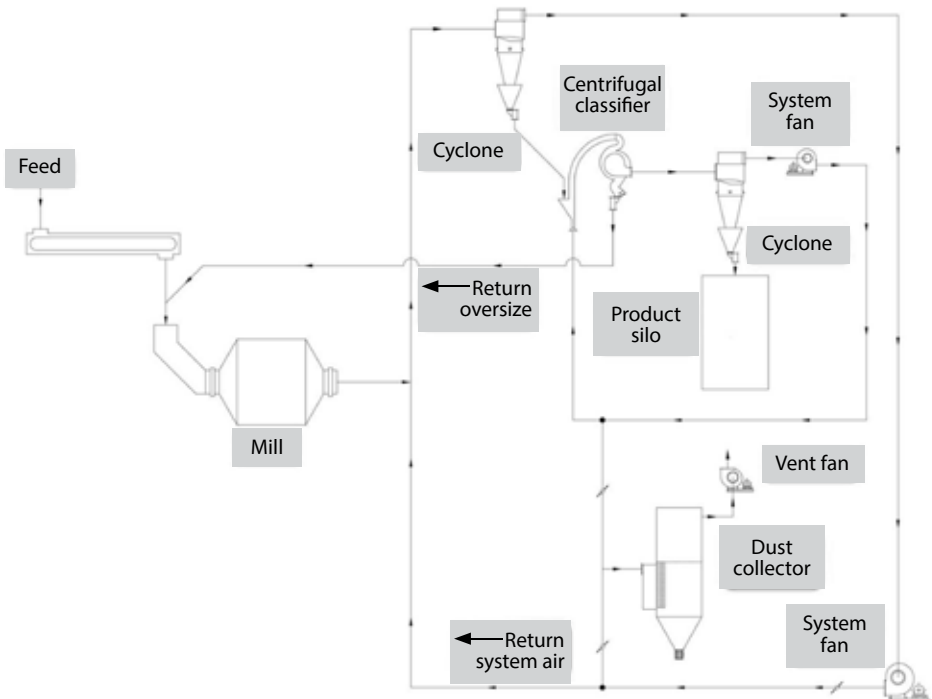
## Size control

### Dry Grinding

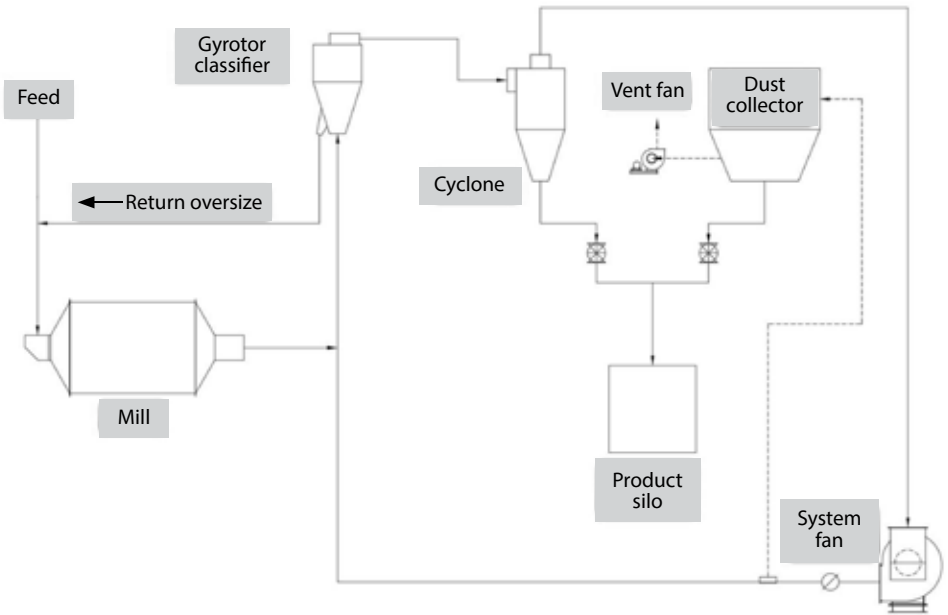
There are a wide variety of dry grinding layouts. The design of which are dependent on multiple factors which include: open/closed circuit, tonnage, material flow properties, separation size required, space available, storage and transportation and mill discharge type. Below are a few examples of classifiers in closed circuit dry grinding operations.



*Grate discharge mill in closed circuit with a Gravitational Inertial classifier producing products in the range of 300/63 $\mu$ m (#50/230)*

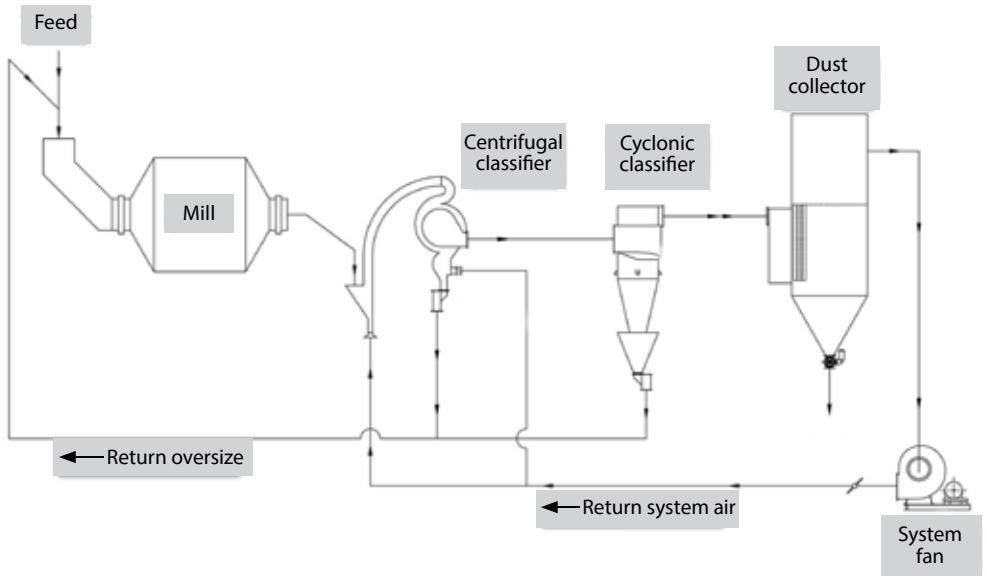


*Air swept mill feeding a cyclone disengaging the throughput into Centrifugal classifier with the oversize returning to the mill and producing products in the range of 100/20 $\mu$ m (#140/635)*



Size control

Grate discharge mill in closed circuit with a Gyrotor Classifier to produce products in the range of 500/45 $\mu$ m (#35/325)



Grate discharge mill in closed circuit with both a Centrifugal classifier and a Cyclonic Classifier to produce products in the range of 50/10 $\mu$ m (#270/1250)

### Size control in crushing and grinding circuits

#### Crushing circuits – Open screening

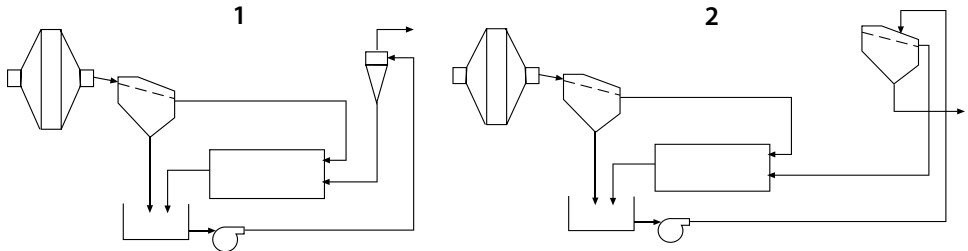
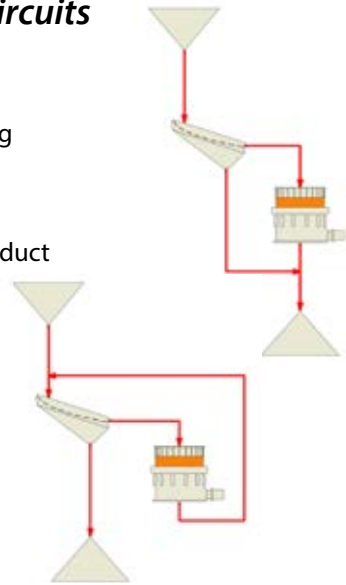
- Screening ahead of a crusher avoids packing
- Less wear in the crusher
- Higher total capacity
- The screening media is “controlling” the product in two dimensions. No “flaky shortcuts”.

#### Crushing circuits – Closed screening

- The screens are lowering the capacity
- Calibration of the product is improved
- Better cubical shape
- Higher reduction ratio

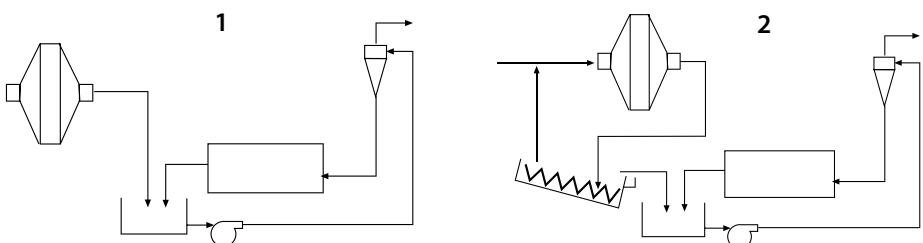
#### Grinding circuits – Screening

- Used for “trapping critical sizes” in AG - SAG circuits (1)
- Used for taking out size fractions from AG circuits for pebble grinding (1)
- Used in circuits with heavy minerals – avoiding over grinding (fine screening) (2)
- Screens being static (fixed cut point) are not too tolerant to changes in product size, causing variations in circulating loads.
- Mechanical damage or clogging of screening media can disturb operation.



#### Grinding circuits – Classification

- Classifiers being dynamic (floating cut point) are more tolerant to changes in product size as the cut point is moving with the changes
- Cyclones, being most common, are effective as classifiers at cut points below 300 microns (1)
- Spiral classifiers are effective as classifiers at cut points up to 800 microns. For the coarse fraction solids up to 50mm (2") can be removed by the spiral.
- Spiral classifiers and cyclones can be used complementary if cut point is coarser than 200 microns. (2)





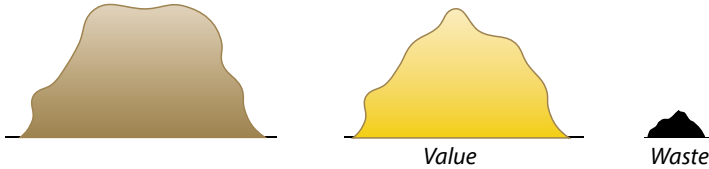




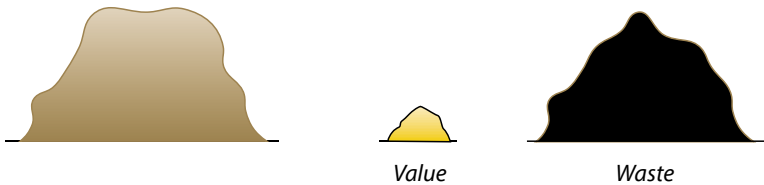
## Enrichment – Introduction

With enrichment we understand the process of improving the mineral or rock value by removing impurities by

- **Washing**, mainly used in the enrichment process of industrial minerals, coal, aggregates, sand and gravel, normally with the products in solid form. (size = 1 mm and coarser)



- **Separation**, mainly used in the enrichment processes of metallic minerals and high value industrial minerals, normally with the products in liberated particle form (size = 1 mm and smaller)



## Enrichment – Processes

### Washing by using

- Log washers (not covered)
- Wet screens
- Aquamator separators (not covered)
- Tumbling scrubbers
- Attrition scrubbers
- (all wet processes)

### Separation by

- Gravity separation (wet)
- Magnetic separation (dry & wet)
- Flotation (wet)
- Leaching (wet)

### Wet screens\*

Water spraying can be used to wash materials on a screen regardless of hole size in the screening media. If the hole size is 20 mm or less, water spraying increases the capacity (inversely proportional to the hole size).

Water requirements (typical) m<sup>3</sup>/h at low (3-6 bar) and high (above 70 bar) pressure:

	Low	High
Sand and gravel	1.0	0.80
Aggregates - hard rock	0.5	0.40
Mining - raw ore	0.5	0.40
Recycling (concrete)	0.2	0.15

Capacities typical, see 4:3.

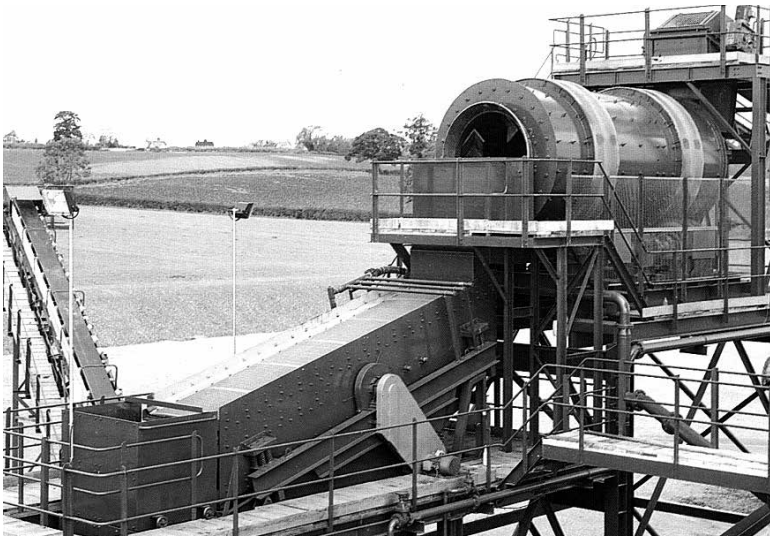


\*Not available from Metso.

## Enrichment

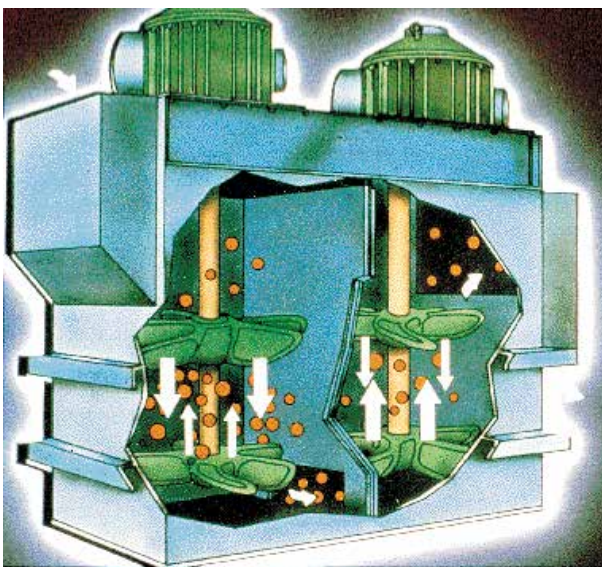
### *Tumbling scrubber\**

If solids of rock, gravel or minerals contain a high and sticky content of clay and dirt that has to be removed, wet screening is normally not effective enough. A medium speed washing drum for scrubbing solids against solids is then the option. The drum is relatively short in relation to its diameter. Water requirements per ton is the same as for wet screening. Typical capacities 8 –120 t/h.



### *Attrition scrubber\**

These scrubbers are mainly used for washing of material below 10 mm in size. Very high energy inputs are possibly used for washing of silica sand for glass making and cleaning of foundry sand. The machine is also suitable for clay blunging and lime slaking, see further page 8:31.



\* Contact Metso for further information about this product.

## Wash water treatment

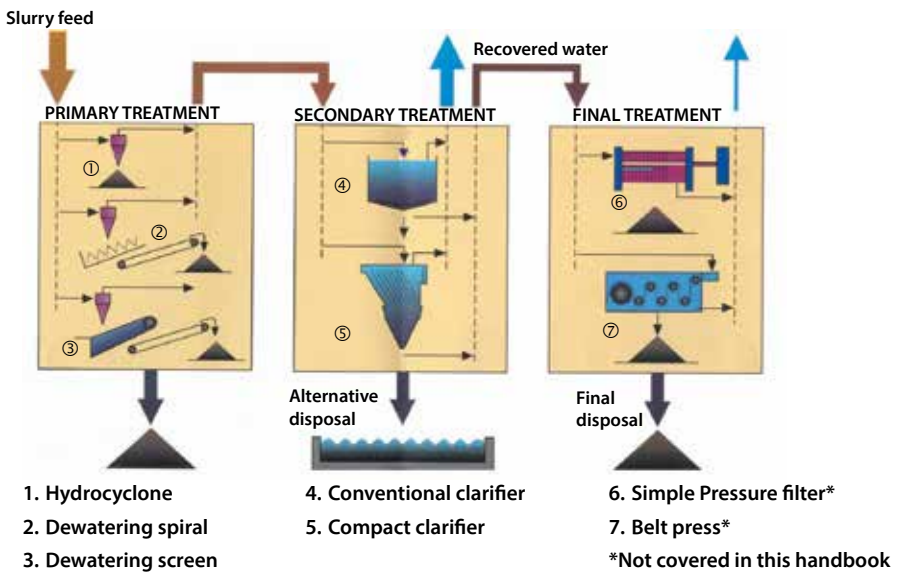
### General

All washing operations are normally consuming a lot of expensive water. Not only costly, but also containing a lot of washing effluents both coarse and fine. Water and effluents that have to be processed partly to recover some value (coarse material and water), partly to protect the environment from damage (sludge fractions).

Most washing operations today must have systems for this treatment.

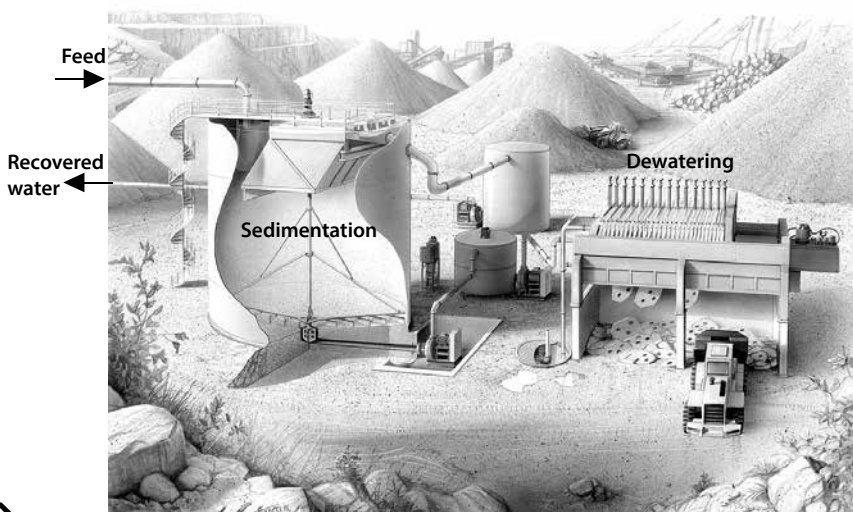
### Wash water treatment stages

Depending on local conditions and restrictions, one, two or three treatment stages may be required, see below.



### Wash water treatment – closed system

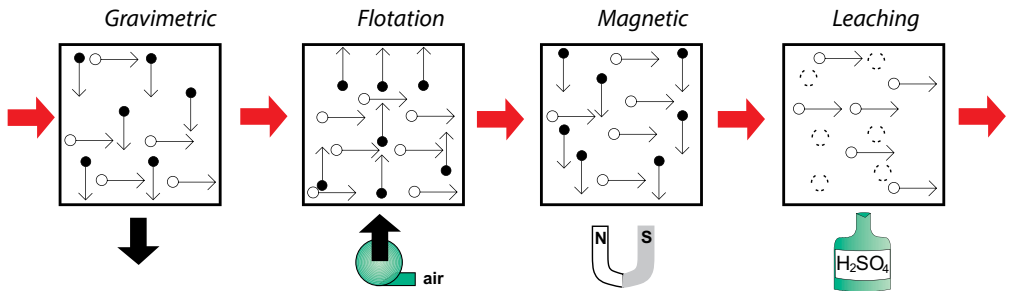
After recovery of coarser material the fines can be treated in a closed system recovering all process water and bringing the fine solids into a transportable form.



For more information see section 6!

## Separation – Introduction

After liberation of all individual minerals in a rock or an ore feed, either by grinding or by natural size reduction (beach sands a.o.) they can be separated individually. Depending on their behavior, different technologies are applied. We will cover the classical methods of separation as per below.



### Separation by gravity

If there is a certain difference in density between two minerals or rock fractions they can be separated by using this difference. Separation by gravity covers two different methods.

- Separation in water (Gravity concentration)
- Separation in a heavy medium (Dense Media Separation, DMS, not covered)

The formula for Separation in water is:

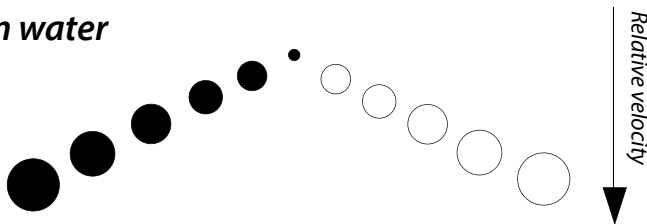
$$\text{Density difference (Dd)} = (D (\text{heavy mineral}) - 1) / (D (\text{light mineral}) - 1)$$

The formula for Dense Media Separation is:

$$\text{Dd} = D (\text{heavy mineral}) - D (\text{heavy media}) / D (\text{light mineral}) - D (\text{heavy media})$$

Value of Dd	Separation	Comments
+ 2.50	easy	applicable down to 100 micron and lower
1.75 – 2.50	possible	applicable down to 150 micron
1.50 – 1.75	difficult	applicable down to 1700 micron
1.25 – 1.50	very difficult	applicable only for sand & gravel. See washing 5:2
< 1.25	not possible	

### Separation in water



Equipment	Particle size range	Typical applications
Coal jigs	40 – 200 mm (1.6 - 8")	Coal
Mineral jigs	75 μm – 6 mm (3 1/2 mesh)	Gold, Chromite, Galena
Spirals	75 μm – 1.0 mm light, (16 mesh) 75 μm – 0.5 mm heavy, (32 mesh)	Coal, Beach sands, Iron Cassiterit
Shaking tables	50 μm – 2 mm (9 mesh)	Tin, Copper, Gold, Lead, Zinc, Tungsten

## Separation by jigs\*

The jig operation consists of two actions. One is the effect of **hindered settling** meaning that a heavier particle will settle faster than a light particle. The other one is the separation process in an **upward flow of water** which will separate the particles by their density.

These two actions are combined in a Jig by slurry pulses generated mechanically or by air.

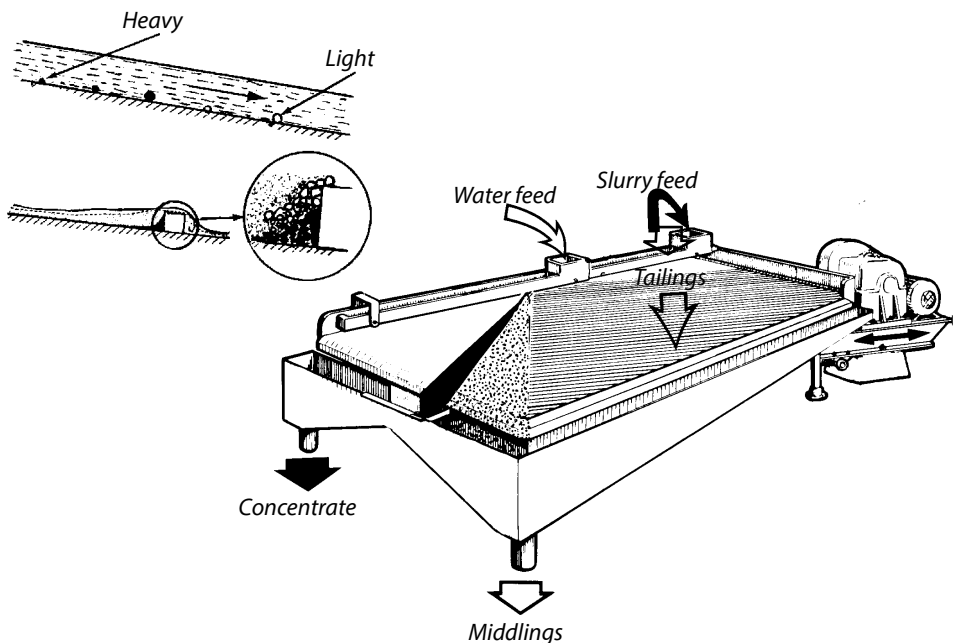
## Separation by spiral concentrators\*

A spiral concentrator uses gravity to separate particles of different densities. It should not be confused with a spiral classifier which usually separates particles of different size, see section 4.

A spiral concentrator consists of one or more helical profiled troughs supported on a central column. As slurry travels down the spiral high and low density particles are stratified and separated with adjustable splitters at the end of the spiral.

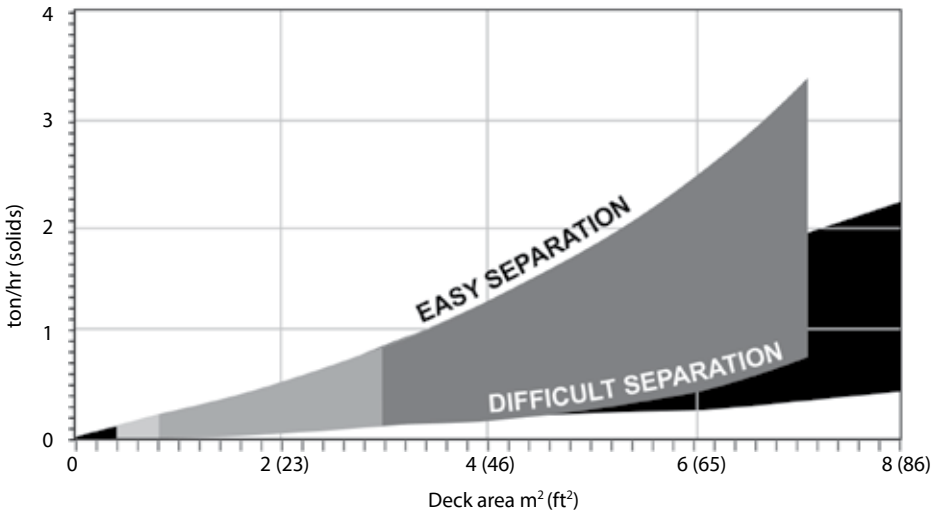
## Separation by shaking tables\*

A cross stream of water transports material over the table to riffles running perpendicular to the direction of feed. Particles build up behind each riffle and stratification occurs with heavier particles sinking to the bottom. The light particles are carried over each riffle to the tailings zone. The shaking action of the tables carries the heavy particles along the back of each riffle to the concentrate discharge.



\*Not available from Metso

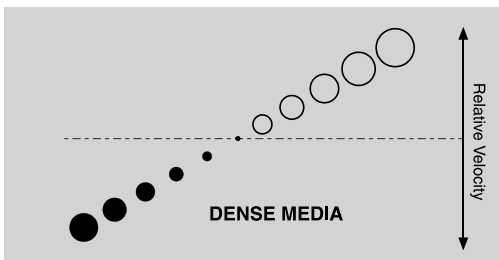
**Sizing**



**Separation in dense media**

Gravity separation utilizes the settling rate of different particles in water to make a separation. Particle size, shape and density all affect the efficiency of the separation.

Dense Media Separation (DMS) takes place in fluid media with a density between that of the light and heavy fractions that are to be separated. The separation is dependent upon density only



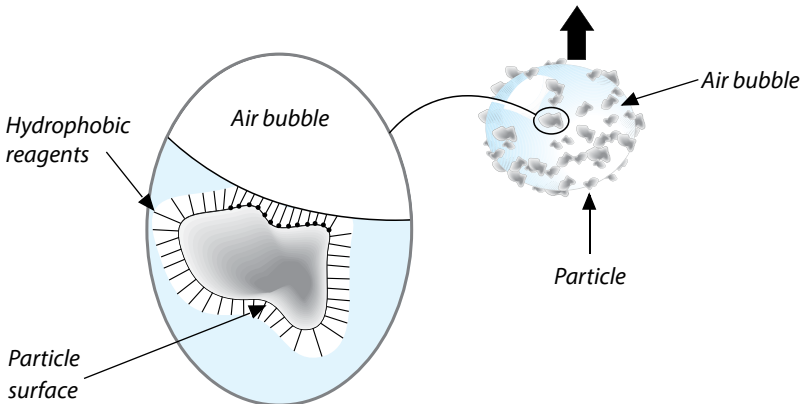
**DMS – fluid media**

Media	Density
Sand in water	1.2 – 1.6
Fine (- 50 micron or 270 mesh) Magnetite in water	1.6 – 2.5
Atomized Ferrosilicon in water	2.4 – 3.5
“Heavy Liquids” for lab testing	1.5 – 3.5

## Separation by flotation

Flotation is a mineral separation process, which takes place in a water-mineral slurry.

The surfaces of selected minerals are made hydrophobic (water-repellent) by conditioning with selective reagents. The hydrophobic particles become attached to air bubbles that are introduced into the pulp and are carried to a froth layer above the slurry thereby being separated from the hydrophilic (wetted) particles.



In addition to the reagents added, the flotation process depends on two main parameters.

- **Retention time** needed for the separation process to occur determines the volume and number of flotation cells required.
- **Agitation and aeration** needed for optimum flotation conditions, determine the type of flotation mechanism and the power input required.

### Size of cells – lengths of banks

As flotation is based on retention time we have two alternative approaches:

- **Small cells and longer banks**
- **Fewer large cells and shorter banks**

The first alternative is a more conservative approach and is applicable to small and medium tonnage operations. Using more smaller cells in flotation means

- **Reduced short circuiting**
- **Better metallurgical control**
- **Higher recovery**

The second alternative is becoming more accepted for high tonnage operations using large unit volume flotation machines. Modern flotation equipment gives opportunities to use larger cells and shorter circuits.

- **Effective flow pattern minimizes shortcircuiting**
- **Improved on line analyzers will maintain good metallurgical control**
- **Less mechanical maintenance**
- **Less energy input per volume pulp**
- **Lower total cost**

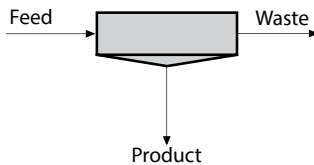
Selection of cell size is made on the basis of the largest individual cell volume that will give the required total flotation volume with an acceptable number of cells per bank. Typical figures for different minerals are given later in this section.

## Flotation circuit layout

Flotation circuit designs vary in complexity depending primarily on the type of mineral, degree of liberation of valuable minerals, grade (purity) of the product and the value of the product.

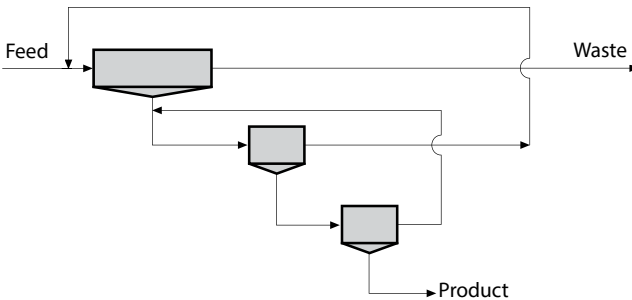
### Simple circuit (e.g. coal)

Single stage flotation, with no cleaning of the froth.



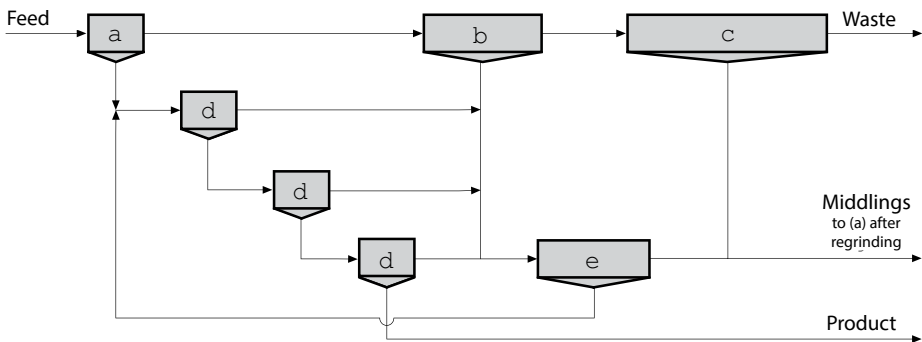
### Commonly used circuit (e.g. lead)

Single stage rougher, two stages of cleaning, no regrind.



### Complex circuit (e.g. copper)

Two stages roughing (a,b), one stage scavenging (c), three stages cleaning (d), cleaner scavenger (e), regrind.



Typically the **first rougher stage** would comprise 10 – 40 % of the total rougher volume and will produce a good grade concentrate with but only medium recovery. **The second rougher stage** comprises 60 – 90 % of the total rougher volume and is designed to maximize recovery.

**The scavenger cells** would have a cell volume equal to the total rougher stage and are included when particularly valuable minerals are being treated or a very high recovery is needed. **Cleaner cells** are used to maximize the grade of the final concentrate. Typical cleaner retention time is 65 – 75% of that for rougher flotation and will be at a lower percent solids. Less cells per bank than for rougher duties can be used.



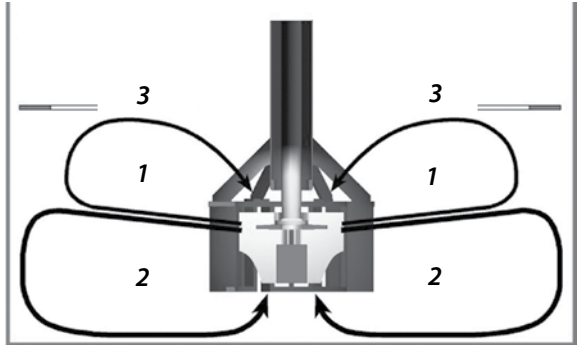
## Reactor cell flotation system (RCS)

The RCS™ (Reactor Cell System) flotation machine utilizes the patent protected DV™ (Deep Vane) Mechanism. Flow pattern characteristics are:

- Powerful radial slurry flow patterns to tank wall (1).
- Primary return flow to underside of impeller (2).
- Secondary top recirculation (3).

Flotation enhanced due to:

- Maximum particle-bubble contacts within the mechanism and tank.
- Effective solids suspension during operation and re-suspension after shutdown.
- Effective air dispersion throughout the complete cell volume.



### Features of the RCS™ (Reactor Cell System):

- Active lower zone for optimum solid suspension and particle – bubble contact.
- Upper zone with reduced turbulence to prevent particle – bubble separation.
- Quiescent cell surface to minimize particle re-entrainment.
- Circular tank with low level slurry entry and exit to minimize slurry short circuiting.
- Cell size 0.8 – 300 m<sup>3</sup> (28 – 10600 ft<sup>3</sup>)
- V-V drive up to 70 m<sup>3</sup>. Gearbox drive for 100 m<sup>3</sup> and above. (V-V drive for larger volume cells optional)
- Automatic level control by dart valves.
- Separate source of low pressure air.
- Double internal cross-flow froth launders or internal peripheral launders with central crowder.
- Application: The majority of mineral flotation duties.

See data sheet 5:14.

### **Reactor cell system (RCS) – Sizing, metric**

Selection of the size and number of cells for each stage of the flotation circuit (roughing, cleaning etc) is made by a three step calculation.

#### **1. Determination of total flotation cell volume**

Total flotation cell volume required can be calculated from the formula:

$$V_f = \frac{Q \times Tr \times S}{60 \times Ca}$$

**V<sub>f</sub>** = Total flotation volume required (m<sup>3</sup>)

**Q** = Feed flow rate m<sup>3</sup>/hr

**Tr** = Flotation retention time (minutes). Typical figures for different minerals are given overleaf, alternatively the retention time may be specified by the customer or be determined from testwork.

**S** = Scale up factor dependent upon source of flotation retention time data (above)

Tr specified by customer S = 1.0

Tr taken from typical industrial data S = 1.0

Tr taken from continuous Pilot Plant test S = 1.0

Tr taken from laboratory scale test work S = 1.6 – 2.6

**Ca** = Aeration factor to account for air in pulp. 0,85 unless otherwise specified.

#### **2. Select the number of cells per bank**

The table overleaf shows typical amount of cells per bank for common mineral flotation duties. Divide V<sub>f</sub> calculated above by number of cells selected to calculate volume (m<sup>3</sup>) per cell. Check that Q is in flow rate range for cell size selected. Reselect if necessary.

#### **3. Select the bank arrangement**

To ensure necessary hydraulic head to allow slurry to flow along the bank intermediate boxes may be required. Maximum numbers of cells in a section between intermediate or discharge boxes are given overleaf. Each bank will also need a feed box and a discharge box.

Typical bank designation is F-4-I-3-D, i.e. Feed box, four cells, intermediate box, three cells, discharge box.

### Reactor cell system flotation sizing

Selection data for rougher flotation duties are as follows:

Mineral	% solids in feed	Retention time min (normal)	No. of cells/bank
Barite	30 – 40	8 – 10	6 – 8
Copper	32 – 42	13 – 16	8 – 12
Fluorspar	25 – 32	8 – 10	6 – 8
Feldspar	25 – 35	8 – 10	6 – 8
Lead	25 – 35	6 – 8	6 – 8
Molybdenum	35 – 45	14 – 20	10 – 14
Nickel	28 – 32	10 – 14	8 – 14
Phosphate	30 – 35	4 – 6	4 – 5
Potash	25 – 35	4 – 6	4 – 6
Tungsten	25 – 32	8 – 12	7 – 10
Zinc	25 – 32	8 – 12	6 – 8
Silica (iron ore)	40 – 50	8 – 10	8 – 10
Silica (phosphate)	30 – 35	4 – 6	4 – 6
Sand (impurity)	30 – 40	7 – 9	6 – 8
Coal	4 – 12	4 – 6	4 – 5
Effluents	as received	6 – 12	4 – 6

For cleaning applications use 60% of the rougher percent solids. Required retention time for cleaning is approx. 65% of rougher retention time.

Selection data for reactor cell system (metric) are as follows:

Model	Volume (m <sup>3</sup> )	Maximum bank feed rate (m <sup>3</sup> /h)	Maximum cells per section (1)
RCS 0,8	0,8	25	4
RCS 3	3,0	240	4/5
RCS 5	5,0	320	4/5
RCS 10	10,0	540	4
RCS 15	15,0	730	4
RCS 20	20,0	870	4
RCS 30	30,0	1120	3
RCS 40	40,0	1360	3
RCS 50	50,0	1650	3
RCS 70	70,0	2040	2
RCS 100	100,0	2550	2
RCS 130	130,0	3050	2
RCS 160	160,0	3450	1
RCS 200	200,0	3990	1
RCS 300	300,0	6500	1

(1) Number of cells on same level between connecting boxes

**Reactor cell system flotation – Example calculation**

**Requirement:**

Single rougher bank. Copper flotation.

Feed pulp flow rate 1400 m<sup>3</sup>/h (6160 USGPM).

Retention time 16 minutes, determined by continuous pilot plant test.

**1. Determination of total flotation cell volume**

$$V_f = \frac{Q \times Tr \times S}{60 \times Ca} = \frac{1400 \times 16 \times 1}{60 \times 0.85} = 439 \text{ m}^3 \text{ total bank volume}$$

**2. Select the number of cells in bank**

Minimum cell size to handle 1400 m<sup>3</sup>/hr is RCS 50 (Maximum 1650 m<sup>3</sup>/hr).

439 / 50 = 8.78 cells. Normal range for copper is 8 - 12 cells, so this is a valid selection. If this was not the case choose the next cell size up or down as appropriate.

9 x RCS 50 cells required. Total volume 9 x 50 = 450 m<sup>3</sup>.

**3. Select the bank arrangement**

For RCS 50 the maximum amount of cells in one section is 3. So to have 9 cells choose bank arrangement.

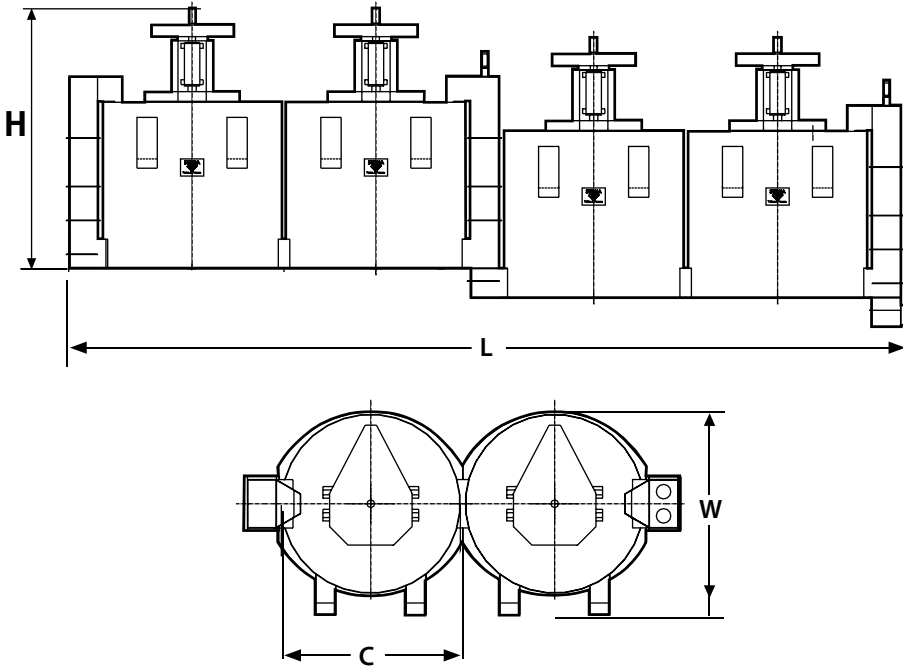
RCS 50 F-3-I-3-I-3-D

**RCS specifications**

Model	Standard Drive (1)	Cell volume (2)		Connected motor (3)			Air requirements (4)		
		m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	kW	HP	Am <sup>3</sup> /min	kPag	Acfm	psig
RCS 0,8	<i>For specifications please contact your local Metso sales office</i>								
RCS 3	VB	3	105	11	15	2	17	70	2,5
RCS 5	VB	5	175	15	20	3	19	110	2,8
RCS 10	VB	10	355	22	30	4	22	140	3,2
RCS 15	VB	15	530	30	40	6	25	210	3,6
RCS 20	VB	20	705	37	50	7	27	250	3,9
RCS 30	VB	30	1060	45	60	9	31	320	4,5
RCS 40	VB	40	1410	55	75	10	34	350	4,9
RCS 50	VB	50	1765	75	100	12	38	420	5,5
RCS 70	VB	70	2470	90	125	15	41	530	5,9
RCS 100	VB/GB	100	3530	110	150	19	47	670	6,8
RCS 130	VB/GB	130	4590	132	200	23	51	810	7,4
RCS 160	GB	160	5650	160	200/250	25	55	880	8,0
RCS 200	GB	200	7060	200	250	30	59	1060	8,6
RCS 300	<i>For specifications please contact your local Metso sales office</i>								

- (1) VB - spindle bearing with V-belt drive GB - gearbox with v-belt drive
- (2) Active flotation volume
- (3) Per cell and applicable up to 1.35 slurry sg. If higher slurry sg, consult Metso
- (4) Per cell and applicable up to 1.35 slurry sg. If higher slurry sg, consult Metso  
Air requirement is at flotation mechanism, pressure losses from blower to flotation bank should be considered when specifying blower

**Flotation machine – RCS**



Model	H (1) mm (inch)	L (2) mm (inch)	W mm (inch)	C mm (inch)	Bank weight (2) tonnes (s tons)
RCS 0,8	1 790 (70)	5 550 (219)	1 320 (52)	1 100 (43)	2,73 (3,01)
RCS 3	2 790 (110)	8 250 (325)	1 900 (75)	1 700 (67)	8,4 (9,26)
RCS 5	3020 (119)	9850 (388)	2230 (88)	2000 (79)	10.53 (11.58)
RCS 10	3610 (142)	12250 (482)	2850 (112)	2600 (102)	17.38 (19.12)
RCS 15	3990 (157)	14250 (561)	3320 (131)	3000 (118)	22.97 (25.27)
RCS 20	4610 (181)	15250 (600)	3680 (145)	3250 (128)	26.25 (28.88)
RCS 30	5375 (212)	17350 (683)	4150 (163)	3700 (146)	36.50 (40.15)
RCS 40	5780 (226)	19200 (756)	4410 (174)	4100 (161)	51.04 (56.14)
RCS 50	6100 (240)	20900 (823)	4870 (192)	4500 (177)	56.95 (62.65)
RCS 70	6690 (263)	23600 (929)	5450 (215)	5000 (197)	71.00 (78.10)
RCS 100	6510 (256)	26400 (1039)	6100 (240)	5600 (220)	92.28 (101.51)
RCS 130	6875 (271)	29050 (1144)	6650 (262)	6100 (240)	123.82 (136.2)
RCS 160	7495 (295)	30650 (1207)	7100 (280)	6500 (256)	145.49 (160.00)
RCS 200	8050 (317)	33050 (1301)	7600 (299)	7000 (276)	174.10 (191.40)
<b>RCS 300</b>	<i>For specifications please contact your local Metso sales office</i>				

(1) RCS 3 to RCS 70 v-drive, RCS 100 to RCS 200 gearbox drive

(2) 4-cell bank arranged F-2-I-2-D, empty

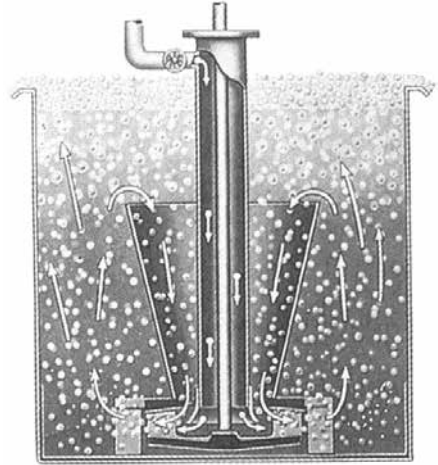
## Enrichment

### DR Flotation cell system

The Reactor Cell System Flotation Machine is the preferred choice for many mineral flotation applications. The DR design may be specified for certain applications, particularly where de-slimed coarse particles have to be handled such as in glass and potash processing. Features of the DR design are as follows:

#### Flotation system DR – Design

- Open flow tank with intermediate and discharge boxes
- Near bottom located impeller/ diffuser
- Separate source of low pressure air
- Level control by weir or dart valves (automatic as option)
- Recirculation well
- Reversible impeller direction of rotation
- Max cell size 14 m<sup>3</sup>



See data sheet 5:16-17.

#### DR – Specifications

Model	Cell volume (1)		Connected motor (2)		Air requirements (3)			
	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	kW	HP	Am <sup>3</sup> /min	kPag	Acfm	psig
DR 15	0,34	12	2,2	3,0	0,4	7	15	1.0
DR 18Sp	0,71	25	4,0	5,0	0,7	9	25	1.3
DR 24	1,42	50	5,5	7,5	1,3	10	45	1.6
DR 100	2,83	100	11,0	15,0	2,3	10	80	1.6
DR 180	5,10	180	15,0	20,0	3,1	14	110	2.0
DR 300	8,50	300	22,0	30,0	4,5	18	160	2.6
DR 500	14,16	500	30,0	40,0	6,5	18	230	2.6

(1) Active flotation volume

(2) Per cell and applicable up to 1.35 slurry sg. If higher slurry sg, consult Metso

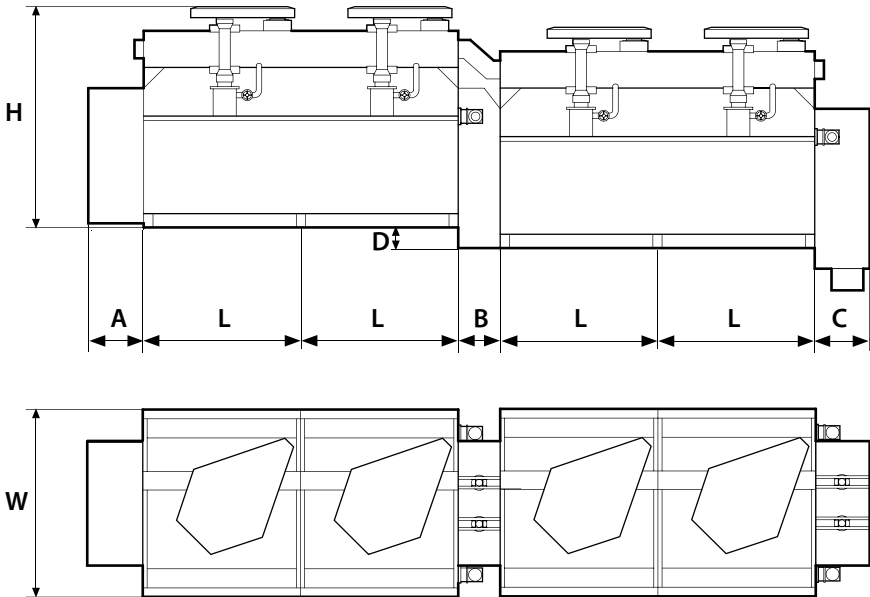
(3) Per cell and applicable up to 1.35 slurry sg. If higher slurry sg, consult Metso  
Air requirement is at flotation bank air header, pressure losses from blower to flotation bank should be considered when specifying blower

#### DR – Cell volumes and hydraulic capacities

Model	Maximum Bank Feed Rate		Maximum cells per bank section (1)
	m <sup>3</sup> /h	USGPM	
DR15	25	110	15
DR18 sp	55	240	12
DR24	110	485	9
DR100	215	945	7
DR180	415	1 825	6
DR300	580	2 550	5
DR500	760	3 345	4

(1) Number of cells on same level between connecting boxes

**Flotation machine – DR, Metric**

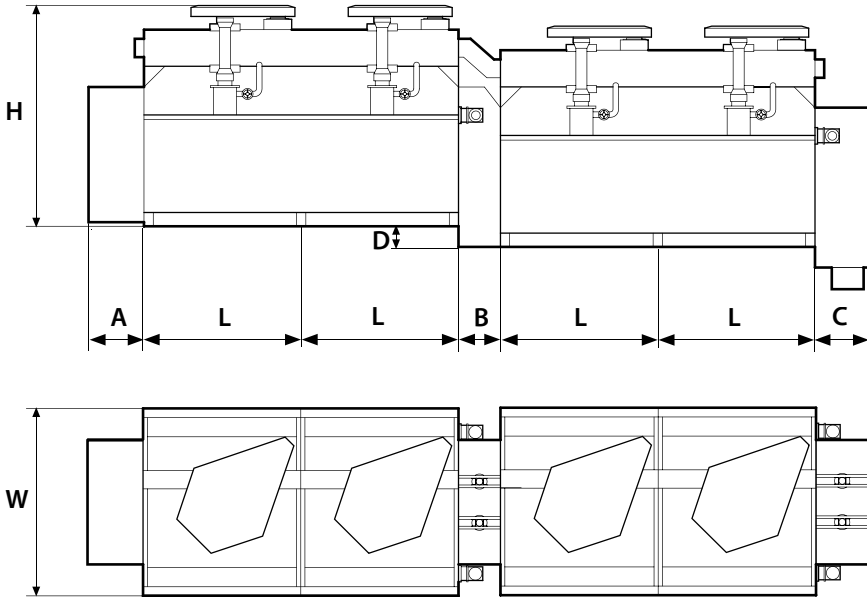


Model (1)	Volume/ cell m <sup>3</sup>	Cells/ unit (2)	A mm	B mm	C mm	D (min) mm	L (5) mm	W mm	H mm	Motor size (3) kW	Motor size (4) kW
8	0.09		152	279	279	152	483	406	1118	1.1	2.2
15	0.28	15	203	381	381	152	711	610	1626	3.0	5.0
18	0.71	12	305	457	457	203	914	813	1829	5.0	10.0
24	1.40	9	305	457	457	203	1219	1092	2362	5.5	15.0
100	2.80	7	457	457	457	203	1575	1575	2718	7.5-11	-
180	5.10	6	508	610	762	254	1829	1829	2946	11-15	-
300	8.90	5	610	762	914	305	2235	2235	3302	18-22	-
500	14.20	4	762	914	914	305	2692	2692	3404	25-30	-
1500	36.10	3	1219	1067	1372	406	4267	4267	4369	55	-

- (1) From size 18 and above Single or Double side overflow.
- (2) Number of cells without Intermediate box.
- (3) Single cell drive.
- (4) Dual cell drive.
- (5) Length per cell.

For dimensions in inch, see next page

**Flotation machine – DR, US**



Model (1)	Volume/ cell ft <sup>3</sup>	Cells/ unit (2)	A inch	B inch	C inch	D (min) inch	L (5) inch	W inch	H inch	Motor size (3) hp	Motor size (4) hp
8	3		6	11	11	6	19	16	44	1 ½	3
15	12	15	8	15	15	6	28	24	64	4	7
18	25	12	12	18	18	8	36	32	72	6½	14
24	50	9	12	18	18	8	48	43	93	7	20
100	100	7	18	18	18	8	62	62	107	10-15	-
180	180	6	20	24	30	10	72	72	116	15-20	-
300	300	5	24	30	36	12	88	88	130	25-30	-
500	500	4	30	36	36	12	106	106	134	30-40	-
1500	1500	3	48	42	54	16	168	168	172	74	-

(1) From size 18 and above Single or Double side overflow.

(2) Number of cells without Intermediate box.

(3) Single cell drive.

(4) Dual cell drive.

(5) Length per cell.

For metric dimensions see previous page



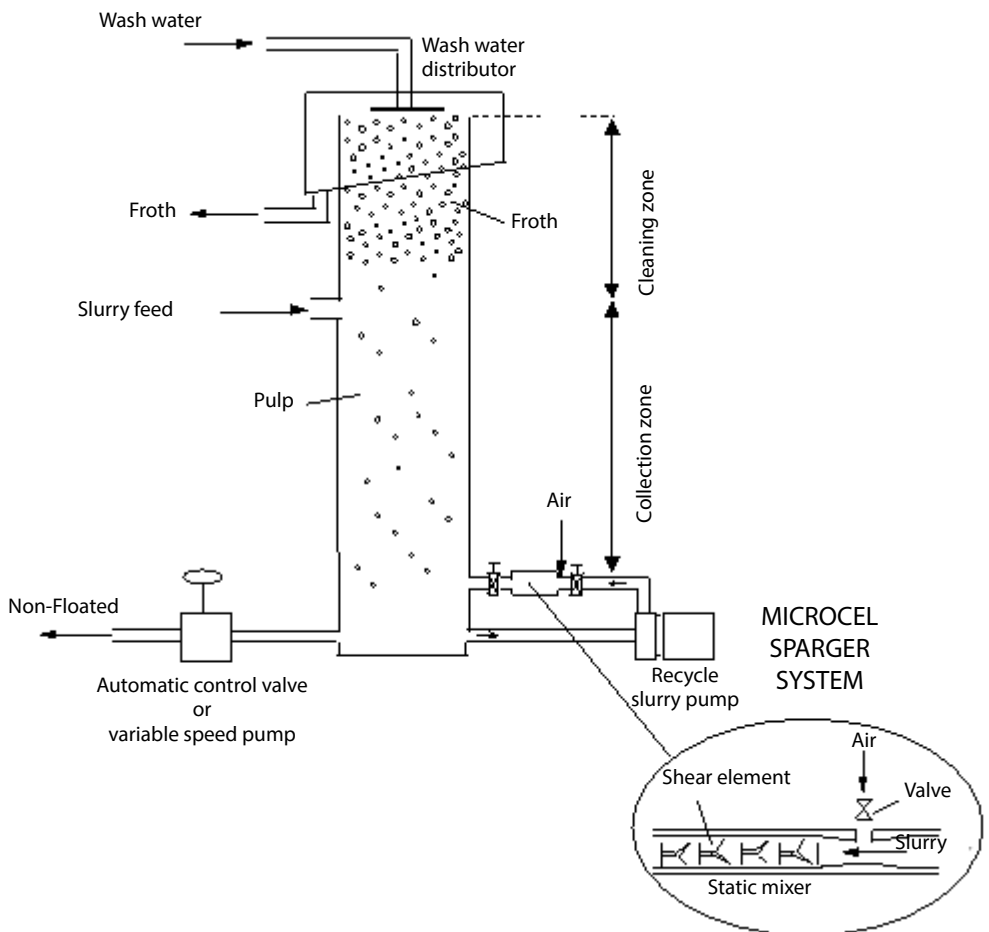
## Column flotation cells

Column flotation cells, like mechanical cells, are used to perform mineral separations. Column cells do not use mechanical agitation (impellers). Instead, mixing is achieved by the turbulence provided by the rising bubbles. Columns are mostly used to produce final grade concentrates because they are capable of high selectivity. Other features which distinguish them from mechanical cells are their shape, bubble generation system and the use of wash water. An optimum flotation circuit is a combination of mechanical cells and column cells.

In specific applications such as cleaning duties or handling of very fine particles column flotation will offer the following advantages:

- Improved metallurgical performance
- Low energy consumption
- Less floor area
- Less maintenance
- Improved control

### Schematic of Microcel flotation column



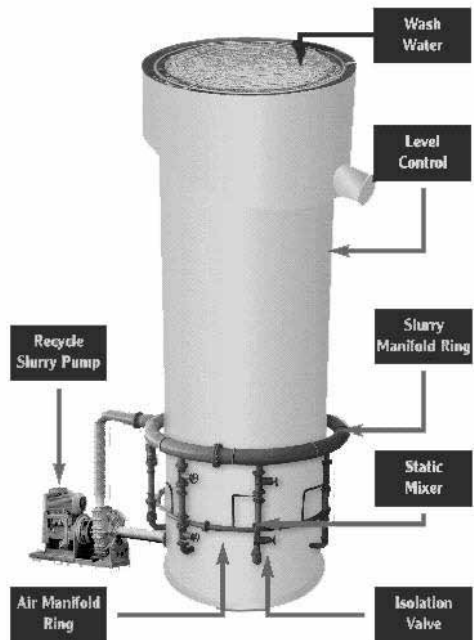
## Enrichment

### Column flotation – Microcel sparger features

The Microcel sparger consists of inline **static mixers** and a **recycle slurry pump**. Tailings slurry is pumped from the base of the column through the static mixers where air and slurry are mixed together under high shear conditions to create the bubble dispersion. As the air/slurry mixture passes through the stationary blades located inside the mixer the air is sheared into very small bubbles by the intense agitation. The bubble suspension is introduced near the column base.

Slurry **level control** is achieved by using ultrasonic sensor or differential pressure transmitters to automatically adjust the tailings flow control valve.

**Wash water** addition improves grade by removing mechanically entrained particles.



### Selection

For detailed column design – contact your support center supplier. A preliminary indication of design parameters can be derived from the following notes.

- Column designs available up to 6 m in diameter. Flotation column cells are custom designed for each application.
- Typical superficial slurry velocity: 0.2 – 1.2 cm/s
- Typical froth carrying capacity: 2 t/h/m<sup>2</sup>
- Typical superficial air velocity: 1.5 – 1.8 cm/s
- Height of column selected to give slurry retention time in range 10 – 20 min.
- Typical superficial wash water velocity: 0.05 – 0.2 cm/s

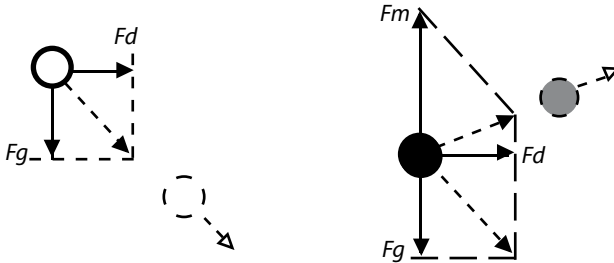
### Applications

Applications for flotation columns include:

- Sulfides
- Iron ore
- Phosphate
- Coal
- Industrial minerals
- Potash

## Magnetic separation – Introduction

By creating an environment comprizing a **magnetic force** ( $F_m$ ), a **gravitational force** ( $F_g$ ) and a **drag force** ( $F_d$ ) magnetic particles can be separated from non-magnetic particles by **Magnetic Separation**.



### Magnetic separation - Magnetic attraction force ( $F_m$ )

$$F_m = V \times \chi \times H \times \text{grad } H$$

$V =$  **particle volume** (determined by process)

$\chi =$  **magnetic susceptibility** (see table below)

$H =$  **magnetic field** (created by the magnet system design) in mT (milliTesla) or kG (kiloGauss)  $1 \text{ kG} = 100 \text{ mT} = 0.1 \text{ T}$

$\text{grad } H =$  **Magnetic field gradient** (created by the magnet system design) in mT/m

*Magnetic field and magnetic gradient are equally important factors for creating the magnet attraction force.*

Mineral	Magnetic susceptibility ( $X_m \times 10^6 \text{ emu/g}$ )	
Magnetite	20 000 – 80 000	Ferromagnetic (strong magnetic)
Pyrrhotite	1 500 – 6 100	
Hematite	172 – 290	Paramagnetic (weakly magnetic)
Ilmenite	113 – 271	
Siderite	56 – 64	
Chromite	53 – 125	
Biotite	23 – 80	
Goethite	21 – 25	
Monazite	18.9	
Malachite	8.5 – 15.0	
Bornite	8.0 – 14.0	
Rutile	2.0	
Pyrite	0.21	
Cassiterite	- 0.08	Diamagnetic (repelling)
Fluorite	- 0.285	
Galena	- 0.35	
Calcite	- 0.377	
Quartz	- 0.46	
Gypsum	- 1.0	
Sphalerite	- 1.2	
Apatite	- 2.64	

### ***Magnetic separation – Competing forces***

- **Gravitational force** ( $F_g$ ) is determined by particle size and density.
- **Drag force** (hydrodynamic, aerodynamic),  $F_d$ , is determined by particle size, shape, fluid density, viscosity, turbidity and velocity.
- **Centripetal force** ( $F_c$ ).
- **Adhesion**
- **Electrostatic forces etc.**

### ***Magnetic separation – Methods***

#### ***Low Intensity Magnetic Separation, LIMS***

- Dry and wet methods
- For separation of ferromagnetic particles
- Magnetic field intensity up to 300 mT
- Particle sizes up to 300  $\mu$ m

#### ***Medium Intensity Magnetic Separation, MIMS\****

- Dry and wet methods
- For separation of ferromagnetic particles
- Magnetic field intensity up to 800 mT
- Particle sizes up to 300  $\mu$ m

\*N B At present MIMS is not available from Metso. When MIMS becomes available the above data may alter.

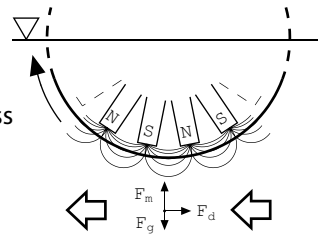
#### ***High Gradient Magnetic Separation, HGMS***

- Cyclic and continuous methods
- For separation of paramagnetic particles
- Magnetic field intensity up to 2 T
- Limited to processing of particles finer than about 1 mm

## Magnetic separation – Separator types

### Wet LIMS = Low intensity magnetic separators

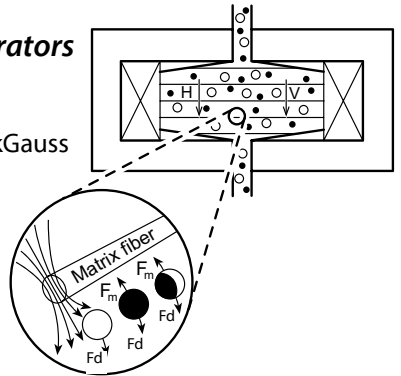
- Wet separation of ferromagnetic particles
- Magnetic field in separation zone \* up to 1.2 kGauss
- \* approx. 50 mm (2 inches) from drum surface



### Wet HGMS = High gradient magnetic separators

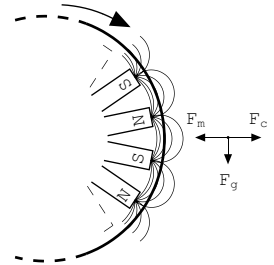
- Wet separation of paramagnetic particles
- Magnetic field in separation zone\* = 2 – 20 kGauss

\* on matrix surface



### Dry LIMS = Low intensity magnetic separators

- Dry separation of ferromagnetic particles
- Magnetic field in\* separation zone up to 1.2 kGauss
- \* approx. 15 mm (5/8 inch) from magnet surface



## Magnetic separation equipment

All LIMS models, wet and dry versions, comprise magnetic drum assemblies mounted in either tanks or dust housings. The magnetic assembly comprises a stationary magnetic array installed in a rotating outer drum. The drum rotation speed and direction are selected for the application in question.

Generally coarse material is processed by dry LIMS and fine material by either dry or wet LIMS. The upper particle size limit for wet processing is about 8 mm but with special arrangements coarser material can be processed by wet methods.

### ***Dry LIMS – Belt drum separator, BS***

The belt drum separator, BS, is generally used in iron ore beneficiation to either produce coarse final products or for reducing feed mass to following process stages. It is also used for steel slag and pyrite cinder treatment.

#### **Features**

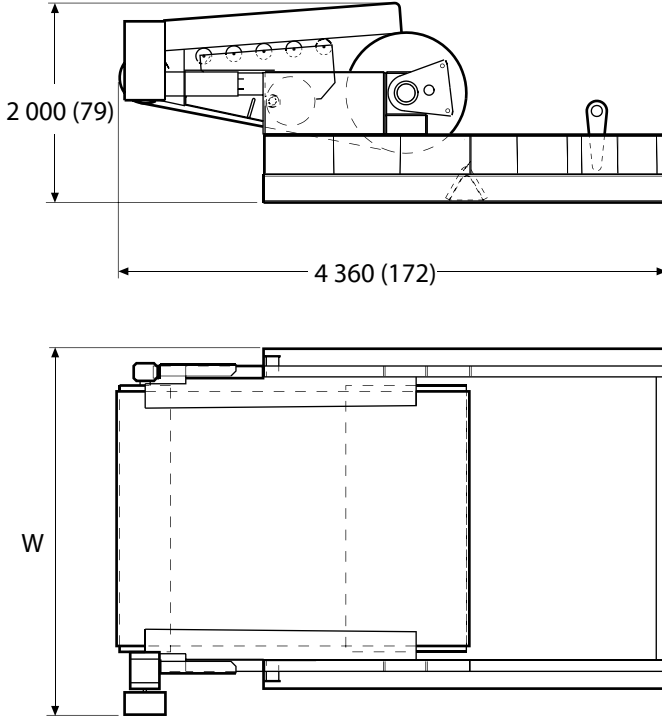
- Magnetic system with three different pole pitches with alternating polarity (models BSA)
- Special pole design with fixed polarity in rotating direction for coarse material, (model BSS)
- For low to high Fe grade feed
- Belt speeds up to 3 m/s (20 ft/min)
- Belt feed for even distribution of feed material
- Adjustable product splitter for product quality control
- Coarse particle tolerant, up to 250 - 300 mm
- Basically used in primary stages
- Can be arranged in single stage or multistage processing
- Very large unit capacity

#### ***Recommended pole pitch and capacity ranges***

<b>Model</b>	<b>Pole pitch (pp)</b>	<b>Feed size mm</b>	<b>Feed size inch</b>	<b>Capacity t/h / m, st/h/ft, up to</b>
BSA1200-112	112	5 – 75	3/16 – 3	150, 50
BSA1200-174	174	5 – 100	3/16 – 4	200, 70
BSA1200-258	258	5 – 200	3/16 – 8	200, 70
BSS1200-300	300	5 – 300	3/16 – 12	400, 140

Capacities vary with grade as well as particle size

**Dry LIMS – Belt separator (BSA and BSS)**



Enrichment

Model	Drum DxL mm (ft)	W mm (inch)	Power kW/hp*	Weight ton
BSA1206	1200 x 600 (4x2)	1800 (71)	5,5/7,5	2,1
BSA1212	1200x1200 (4x4)	2400 (95)	7,5/10	3,8
BSA1218	1200x1800 (4x6)	3000 (118)	7,5/10	5,6
BSA1224	1200x2400 (4x8)	3600 (142)	7,5/10	7,5
BSA1230	1200x2400 (4x10)	4200 (172)	11/15	9,3
BSS1212	1200x1200 (4x4)	2400 (95)	7,5/10	4,7
BSS1218	1200x1800 (4x6)	3000 (118)	7,5/10	6,9
BSS1224	1200x2400 (4x8)	3600 (142)	7,5/10	9,2

\*) At peripheral drum speed 2 m/s (400 ft/min)

### **Dry LIMS – Drum separator, DS**

The Dry Drum Separator, DS, is generally used in iron ore beneficiation to either produce coarse final products or for reducing feed mass to following process stages. It is also used for steel slag and pyrite cinder treatment. The metal powder industry uses the separator for final product control.

#### **Features**

- Magnetic system with four different pole pitches
- For low to high Fe grade feed
- Drum speeds up to 8 m/s (1600 ft/min)
- Top feed
- Adjustable product splitter for product quality control
- Coarse particle tolerant, normally up to 20 – 25 mm (3/4 – 1 inch)
- Basically used in primary stages as cobber and rougher
- Can be arranged in single stage or multistage processing
- Can be connected to dust control systems
- Large unit capacity

#### **Recommended pole pitch**

Pole pitch (pp)	Feed size mm	Feed size inch
(25) 45	0 – 5	0 – 3/16
45	0 – 10	0 – 3/8
65	0 – 15	0 – 9/16
112	0 – 20	0 – 3/4
174	0 – 25	0 – 1

Note pp 25 is intended only for special application

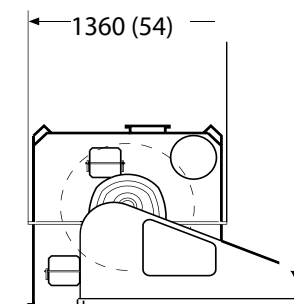
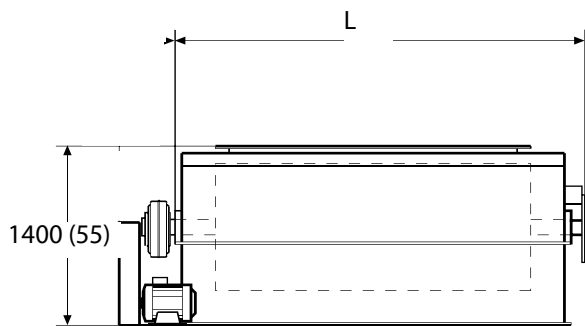
#### **DS – Capacities**

Type	Capacity t/h and m drum width	Capacity st/h /ft drum width
DS900 series	50 – 150	15 – 45
DS1200 series	50 – 200	15 – 60

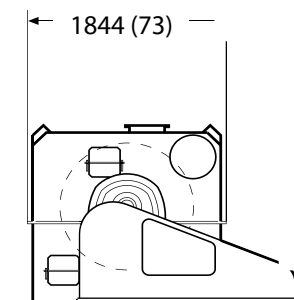
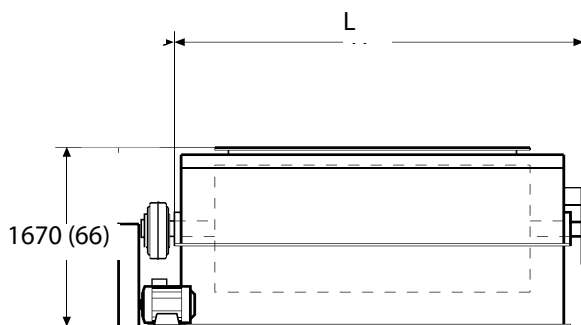
Capacities vary with grade and particle size



**Dry LIMS – Drum separator – (DS)**



Model	Drum dimensions DxL mm (ft.)	L mm (ft.)	Power kW/HP*	Weight empty Ton
DS906	916 x 600 (3x2)	1550 (61)	4/5	1,6
DS912	916 x1200 (3x4)	2170 (85)	5,5/7,5	2,5
DS918	916 x1800 (3x6)	2780 (109)	7,5/10	3,2
DS924	916 x2400 (3x8)	3400 (134)	7,5/10	4,0



Model	Drum dimensions DxL mm (ft.)	L mm (ft.)	Power kW/HP*	Weight empty Ton
DS1206	1200 x 600 (4x2)	1550 (61)	4/5	2,2
DS1212	1200 x1200 (4x4)	2170 (85)	5,5/7,5	3,1
DS1218	1200 x1800 (4x6)	2780 (109)	7,5/10	3,9
DS1224	1200 x2400 (4x8)	3400 (134)	7,5/10	4,8
DS1230	1200 x3000 (4x10)	4020 (158)	7,5/10	5,6

\*) At drum peripheral speed of 2 m/s (400 ft/min)

## Enrichment

### **Wet LIMS – Wet magnetic separators**

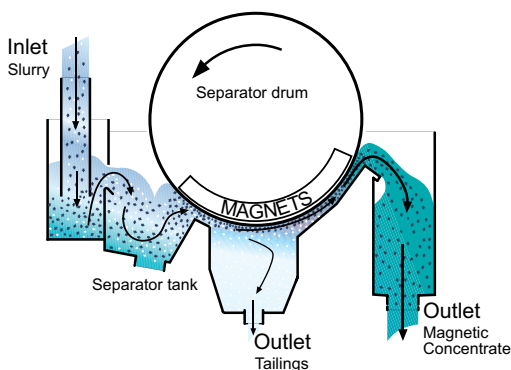
The wet magnetic separators are generally used in the iron ore industry in several stages of the process from coarse separation to fine concentration of magnetite ore, in single concentration means or in combination with other methods (e.g. flotation, gravity concentration, screening).

Wet LIMS are also used in other mineral industries for e.g. preparation of dense media, reduction of pyrrhotite content in base metal concentrates, removal of ferromagnetic contaminants etc.

Please always check with Metso for final selection!

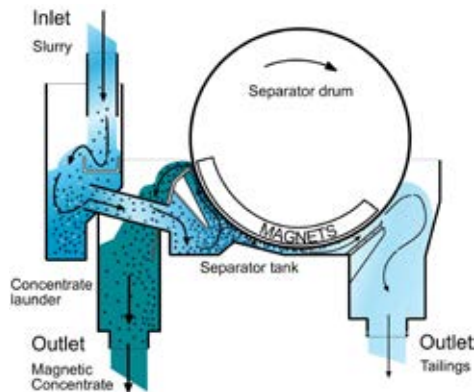
### **Wet LIMS – Concurrent CC**

- Medium long magnetics pick up zone
- Standard magnetic system
- For low to high Fe grade feed
- Concurrent operation
- Tank bottom spigots for tailings flow control
- Coarse particle tolerant, normally up to 8 mm
- Basically used in primary stages as cobber and rougher
- Can be arranged as single stage or multistage units on same level for reprocessing of the magnetic product
- Large unit capacity
- Feed density acceptable in a wide range, normally 35 to 45 percent solids by weight



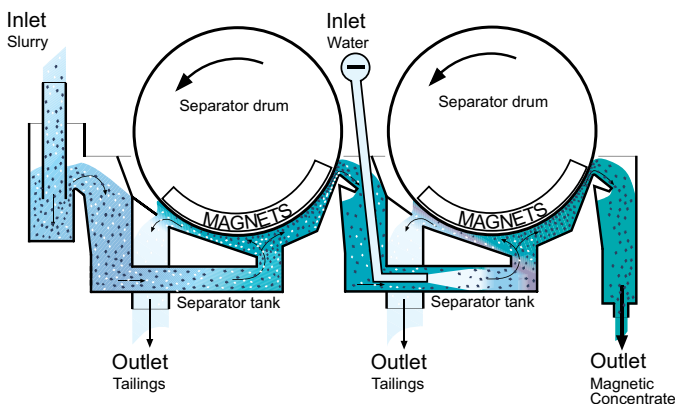
## Wet LIMS – Counter rotation CR and CRHG

- Extra long magnetics pick up zone
- Available with either standard or High Gradient magnetic systems
- For low to high Fe grade feed
- Counter rotational operation
- Manually adjustable weir for tailings flow control
- Coarse particle tolerant, normally up to 3-4 mm
- Basically used in primary stages as cobber or rougher
- Also used for dense media recovery
- Large unit capacity
- Mostly used in single unit operation but can installed as double units on two levels
- Feed density acceptable in a wide range, normally 25 to 45 percent solids by weight



## Wet LIMS – Countercurrent CTC and CTCHG

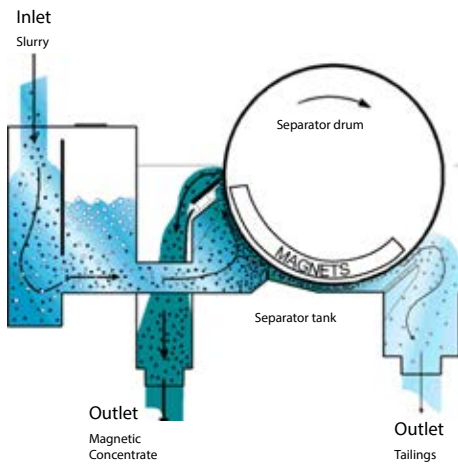
- Long magnetics pick up zone
- Available with either standard or High Gradient magnetic systems
- Countercurrent operation
- Normally arranged installed as multistage units on same level for reprocessing of the magnetic product
- Fixed overflow weir for tailings flow control
- Medium particle tolerant, normally up to 0,8 mm
- Basically used in cleaning or finishing stages
- Feed density acceptable in a wide range, normally up to 40 percent solids by weight



## Enrichment

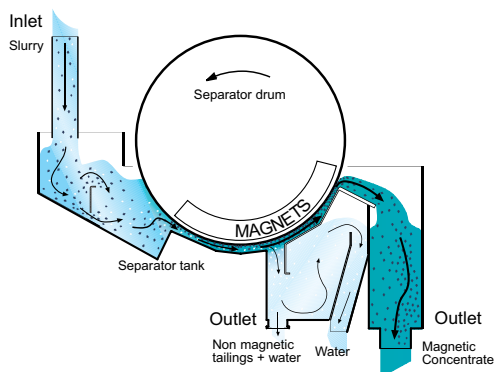
### ***Wet LIMS – Counter rotation froth DWHG***

- Long magnetics pick up zone
- High Gradient magnetic systems
- Counter rotational operation
- Extra large feed box for deaeration of feed slurry
- Normally arranged installed as a single stage unit
- Manually adjustable weir for tailings flow control
- Coarse particle tolerant, normally up to 3-4 mm
- Designed to improve recovery from aerated (frothy) slurries
- Used for recovery of magnetics in slurries emanating from flotation
- Feed density acceptable in a wide range, normally up to 45 percent solids by weight

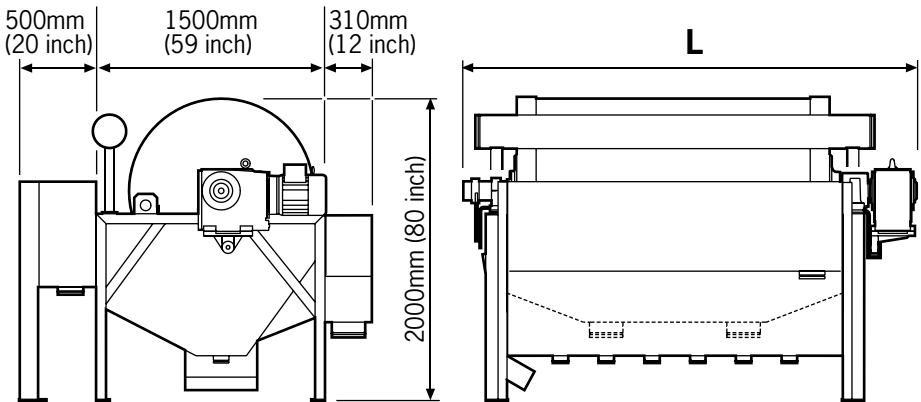


### ***Wet LIMS – Dense media recovery DM and DMHG***

- Very long magnetics pick up zone
- Standard and High Gradient (HG) magnetic systems available
- For low to high Fe grade feed
- Concurrent operation with long magnetics pick-up zone
- Bottom spigots combined with effluent weir overflow for tailings flow control
- Coarse particle tolerant, normally up to 8 mm
- Used in both primary and secondary stages in single stage units

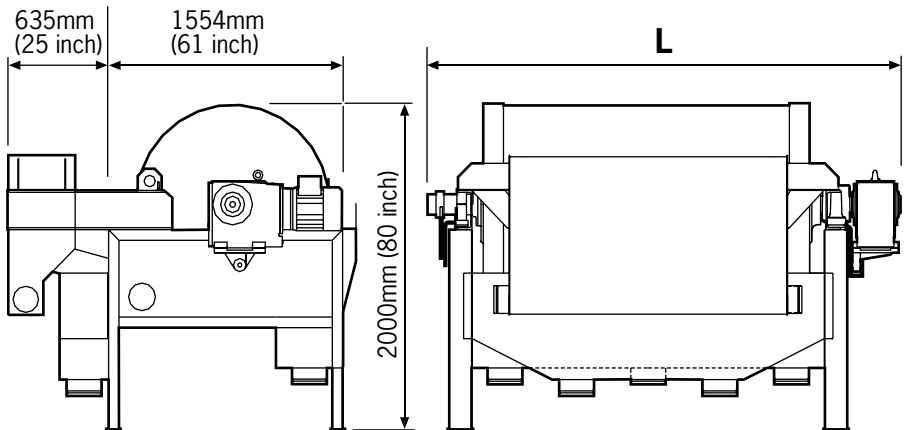


**Wet LIMS – Concurrent (CC)**



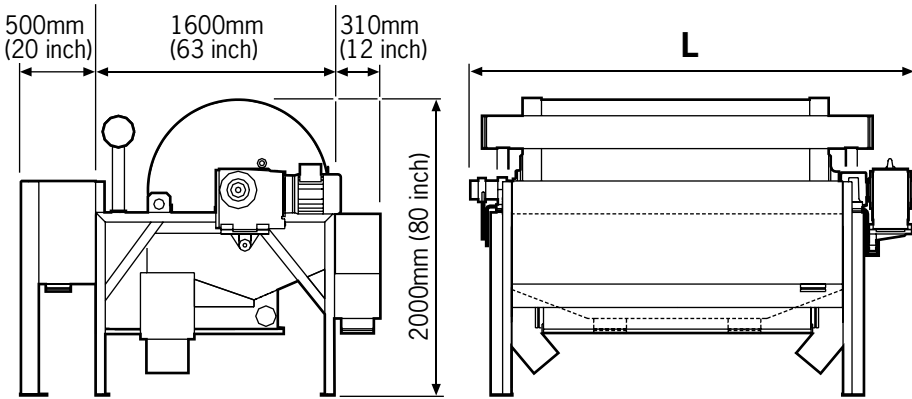
Model	Drum dimensions DxL mm (ft)	L mm (inch)	Power kW/HP	Weight (empty) ton
WS1206CC	1200 x 600 (4x2)	1810 (71)	4 (5)	1,9
WS1212CC	1200x1200 (4x4)	2410 (95)	5,5 (7,5)	2,8
WS1218CC	1200x1800 (4x6)	3010 (119)	7,5 (10)	3,6
WS1224CC	1200x2400 (4X8)	3610 (142)	7,5 (10)	4,7
WS1230CC	1200x3000 (4x10)	4218 (166)	7,5 (10)	5,6
WS1236CC	1200x3600 (4x12)	4818 (190)	11 (15)	6,6

**Wet LIMS – Counterrotation CR and CRHG**



Model	Drum dimensions DxL mm (ft)	L mm (inch)	Power kW/hp	Weight (empty) ton
WS1206CR	1200 x 600 (4x2)	1810 (71)	4/5	1,9
WS1212CR	1200x1200 (4x4)	2410 (95)	5,5/7,5	2,8
WS1218CR	1200x1800 (4x6)	3010 (119)	7,5/10	3,6
WS1224CR	1200x2400 (4X8)	3610 (142)	7,5/10	4,7
WS1230CR	1200x3000 (4x10)	4218 (166)	7,5/10	5,6
WS1236CR	1200x3600 (4x12)	4818 (190)	11/15	6,6

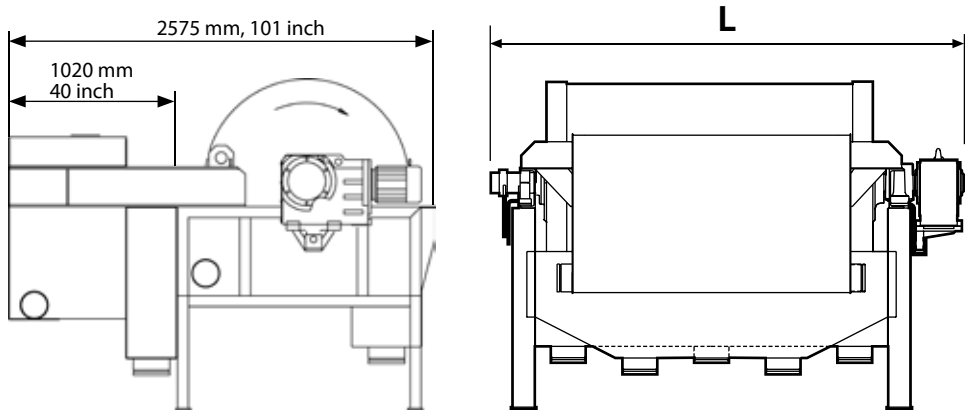
**Wet LIMS – Countercurrent CTC and CTCHG**



Model	Drum dimensions DxL mm (ft)	L mm (inch)	Power kW/hp	Weight (empty) ton
WS1206CTC	1200 x 600 (4x2)	1810 (71)	4/5	1,9
WS1212CTC	1200x1200 (4x4)	2410 (95)	5,5/7,5	2,8
WS1218CTC	1200x1800 (4x6)	3010 (119)	7,5/10	3,6
WS1224CTC	1200x2400 (4x8)	3610 (142)	7,5/10	4,7
WS1230CTC	1200x3000 (4x10)	4218 (166)	7,5/10	5,6
WS1236CTC	1200x3600 (4x12)	4818 (190)	11/15	6,6

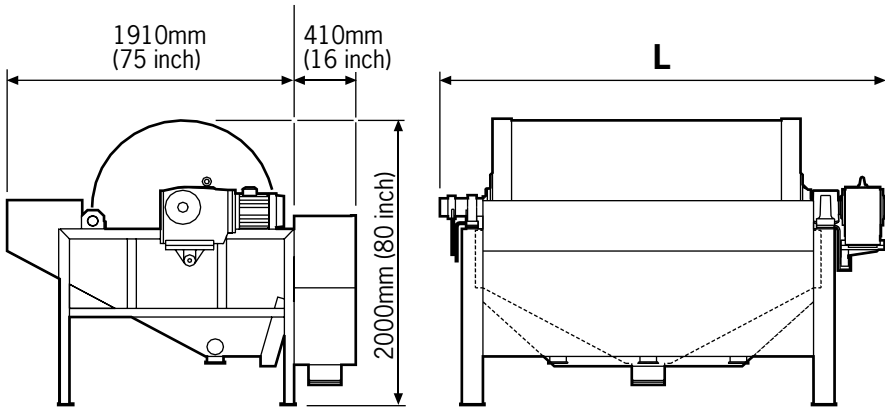
WS1200CTC and WS1200CTCHG carry identical dimensions

**Wet LIMS – Counter rotation froth DWHG**



Model	Drum dimensions DxL mm (ft)	L mm (inch)	Power kW/hp	Weight (empty) ton
WS1206DWHG	1200 x 600 (4x2)	1810 (71)	1,5/2,0	1,9
WS1212DWGH	1200x1200 (4x4)	2410 (95)	2,2/3,0	2,8
WS1218DWHG	1200x1800 (4x6)	3010 (119)	3,0/4,0	3,6
WS1224DWHG	1200x2400 (4x8)	3610 (142)	3,0/4,0	4,7
WS1230DWHG	1200x3000 (4x10)	4218 (166)	4,0/5,0	5,6
WS1236DWHG	1200x3600 (4x12)	4818 (190)	4,0/5,0	6,6

**Wet LIMS – Dense media DM and DMHG**



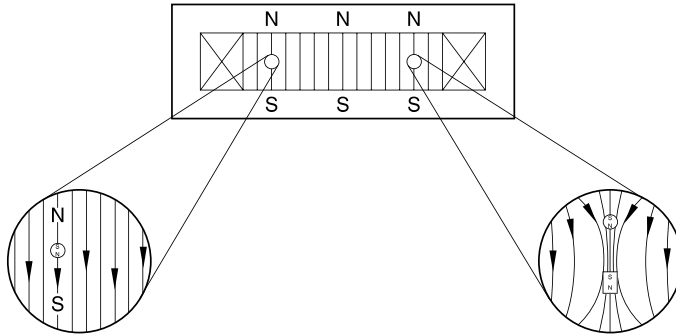
Model	Drum dimensions D x L mm (ft)	L mm (inch)	Power kW/hp	Weight (empty) ton
WS1206DM	1200 x 600 (4x2)	1810 (71)	1,5/2,0	1,9
WS1212DM	1200x1200 (4x4)	2410 (95)	2,2/3,0	2,8
WS1218DM	1200x1800 (4x6)	3010 (119)	3,0/4,0	3,6
WS1224DM	1200x2400 (4X8)	3610 (142)	3,0/4,0	4,7
WS1230DM	1200x3000 (4x10)	4218 (166)	4,0/5,0	5,6
WS1236DM	1200x3600 (4x12)	4818 (190)	4,0/5,0	6,6

WS1200DM and WS1200DMHG carry identical physical dimensions

Enrichment

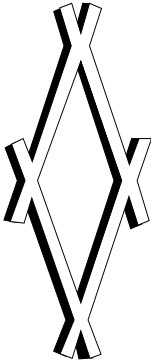
## Wet HGMS/F – Magnet design

The HGMS and HGMF magnet design provides a uniform magnetic field in the canister (separation vessel). The uniform field in itself cannot alone create any separation process but by insertion of sharply edged ferromagnetic material, a matrix, in the void the magnetic field is greatly disturbed and the required magnetic field gradient for the process is produced in the separation space.

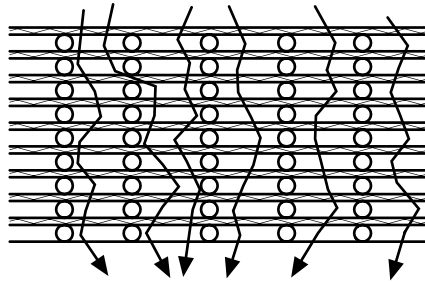


Homogeneous field ( $F_m=0$ )

Inhomogeneous field ( $F_m>0$ )



Filament



Filament matrix

### Facts about Matrix

- Made of ferromagnetic stainless steel as expanded metal (X) or as steel wool (W)
- Matrix grade (opening size) is selected to suit particle size and properties
- The disturbing material, matrix, is filling the process space volumetrically to 15 to 20 % of the void of the process space.
- Due to the controlled pulp velocity through the matrix, the matrix material wear rate is extremely low.

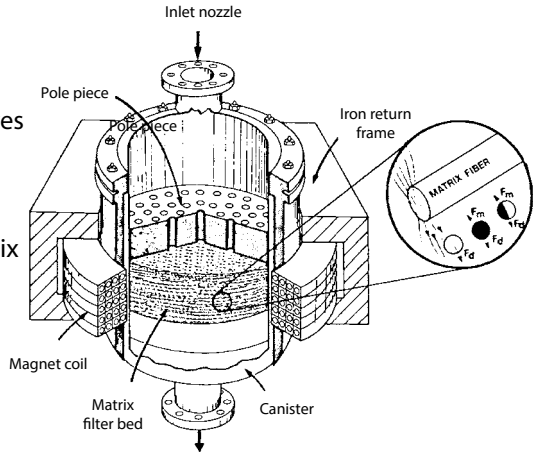
## Wet HGMS, HGMF – Separator types

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| Cyclic separators, HGMS | For applications with low magnetic content in the feed, normally less than 4 - 5 %   |
| Cyclic separators, HGMF | Also called magnetic filter, designed similar to cyclic HGMS but specially outfitted for removal of magnetic content of effluents. |
| Continuous Separators   | For mineral separation with magnetic content in feed higher than 4 %.  |



## Wet cyclic HGMS

- Robust and simple design
- No moving parts except for valves
- Magnetic field intensity up to 2T (20kG)
- Extremely long wear life of matrix
- Extremely low maintenance requirement
- Generally fully automated operation



See data sheet page 5:37.

## Models and dimensions

The cyclic unit models are defined by canister diameter, matrix height and magnetic field.

### HGMS canister size – matrix area

Model	Canister OD mm	Canister OD inch	Matrix area m <sup>2</sup>
HGMS10	36	1,4	0,00099
	86	3,4	0,0057
HGMS22	168	6,6	0,019
HGMS38	324	12,8	0,078
HGMS46	406	16	0,118
HGMS56	508	20	0,187
HGMS66	660	26	0,323
HGMS76	763	30	0,433
HGMS107	1 067	42	0,862
HGMS152	1 524	60	1,778
HGMS214	2 134	84	3,511
HGMS305	3 084	120	7,175

### Matrix heights

Matrix heights nomination	Matrix heights mm	Matrix heights inch
15	150*	6*
15	178	7
30	305	12
50	503	20

\*) available only with model HGMS10

### Standard magnetic field designs

The available magnetic field designs have been limited to 3, 5, 10, 15 and 20. The available magnetic field can always be adjusted to a lower rating. The highest available rating appears as the last digit(s) in the HGMS model name.

# Enrichment

## Model definition

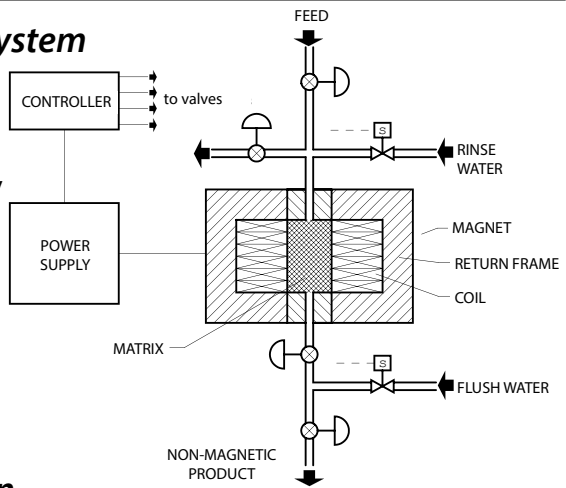
In the model name canister diameter, matrix height and nominal magnetic rating are appearing, e.g. HGMS107-15-10 had a diameter of 1067mm a matrix height of 178 mm and a magnetic rating of 10 kG.

## Matrix grades for cyclic HGMS units

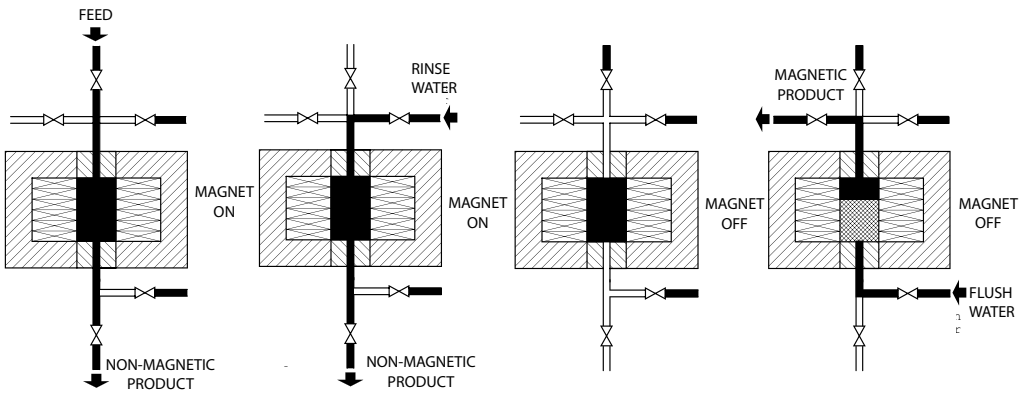
Matrix grade	Type of matrix	Maximum particle size, $\mu\text{m}$	Maximum particle size, mesh
XR1.1	Expanded metal	1000	16
XR	Expanded metal	800	22
XM1.1	Expanded metal	450	35
XM	Expanded metal	350	42
XMG0	Expanded metal	300	48
XF1.1	Expanded metal	150	106
XF	Expanded metal	100	150
WC	Steel wool	20	
WM	Steel wool	10	
WF	Steel wool	7	

## Wet cyclic HGMS – Process system

- Compact system design
- Fail-safe protection (thermal)
- Customer built power supply
- Completely automatic process control



## Wet cyclic HGMS – Operation



### Cycle 1 Separation

- Magnet activated
- Feed on

### Cycle 2 Rinse

- Magnet activated
- Feed off
- Washing on

### Cycle 3 Demagnetizing

- Magnet off
- Feed off
- Washing off

### Cycle 4 Flushing

- Magnet off
- Feed off
- Washing on

**Typical cycle times (Kaolin separation):**

Separation	4 min.
Rinse	1.5 min.
Magnetizing / Demagnetizing	< 1 min.
Flush	< 1 min.

**Wet cyclic HGMS – Applications**

- Kaolin beneficiation (brightening)
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reduction in glass sand, feldspar, barite
- Cu-reduction in Mo Cu concentrates
- De-ashing and desulphurisation of coal
- Phosphates upgrading
- Testing and research (Laboratory unit HGMS10-15-20)

**Wet cyclic HGMS – Sizing (indicative)**

**Ex: Cleaning of kaolin clay, 4 t/h. Select the separator size.**

1. Calculate the cycle time:

- Feed 4 min.
- Rinse 1.5 min.
- Magnet on/off 1 min.
- Flushing 1 min.

**Total cycle time 7.5 min.**

2. Calculate the actual separation time (feed) from 1. above

$$4 / (4 + 1,5 + 1 + 1) = 4 / 7,5 = 0,53 \text{ (53\%)}$$

3. Calculate the volume flow of 4.0 t/h (at say 25% solids and S.G. 2.5) which gives 13.6 m<sup>3</sup>/h (0.75 ft<sup>3</sup> / min)

As actual separation time is 53% of total time, separator volumetric capacity must be = 13,6/0,53 = 25,7 m<sup>3</sup>/h (15.1 cuft / min)

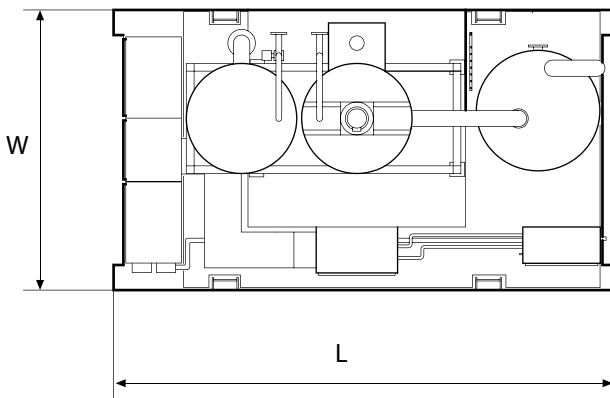
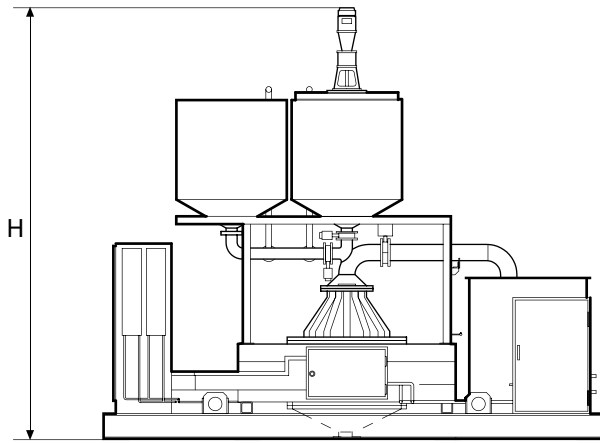
4. Kaolin (very fine particles) means matrix of W-type. Typical flow velocity for kaolin processing is 8 mm/s or 28,8 m/h (19.0 inch / min)

5. Calculate separator size

$$\text{matrix area (m}^2\text{)} = \text{volume capacity (m}^3\text{/h)} / \text{flow velocity (m/h)} = 25,7 / 28,8 = 0,89 \text{ m}^2 \text{ (9.6 sqft)}$$

Machine size, see above, is HGMS 107-30-20

**Wet cyclic HGMS**



Model	H mm (ft)	L mm (ft)	W mm (ft)	Power (magnet) kW	Weight (empty) ton	Matrix area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )
38-15-10*	4 000 (13)	3 800 (12)	2 450 (8)	40	10	0.11 (1.18)
56-15-10	4 100 (13)	4 000 (13)	2 450 (8)	46	13	0.19 (2.05)
76-15-10	4 100 (13)	4 200 (14)	2 450 (8)	53	14	0.43 (4.63)
107-15-10	4 380 (14)	5 150 (17)	2 900 (10)	63	26	0.85 (9.15)
152-15-10	**	**	**	80	46	1.75 (18.84)
214-15-10	**	**	**	103	**	3.42 (36.81)
305-15-10	**	**	**	-	**	7.30 (78.58)

\*38-15-10= 38(Outer diameter in cm)-15 (matrix height in cm) -10 (field rating in kGauss)

Magnetic field available 5,10,15 and 20 kGauss

\*\* Site specific

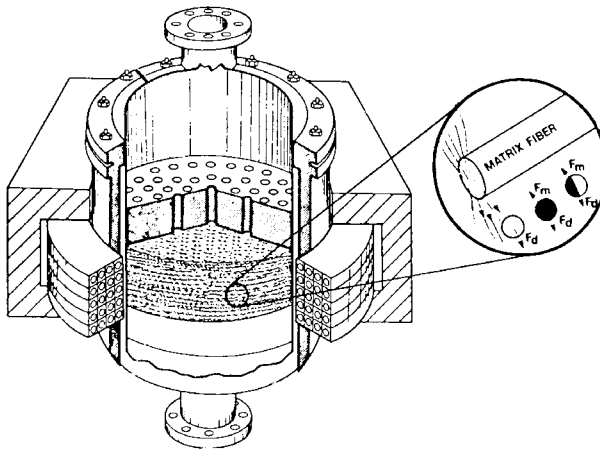
## Wet cyclic high gradient magnetic filter HGMF

The Cyclic HGMF is in principle based on the cyclic HGMS but arranged to work as filter instead of as separator. It is normally used for magnetic filtration of liquids and effluents.

### Features

- Robust and simple design
- No moving parts except for valves
- Magnetic field intensity up to 2T (20kG)
- Extremely long wear life of matrix
- Extremely low maintenance requirement
- Generally fully automated operation
- Can be arranged for special process requirements like high pressure and temperatures

See data sheet page 5:41.



### Models and sizes

The cyclic HGMF units are defined by canister diameter, matrix height and magnetic field.

The laboratory model is available as HGMS10-15-20 and is used for both HGMS and HGMF investigations.

## Enrichment

### *HGMF – Canister diameters and matrix areas*

Model	Canister OD		Matrix area m <sup>2</sup>
	mm	inch	
HGMS10	36	1,4	0,00099
	86	3,4	0,0057
HGMF22	168	6,6	0,019
HGMF38	324	12,8	0,078
HGMF46	406	16,0	0,118
HGMF56	508	20,0	0,187
HGMF66	660	26,0	0,323
HGMF76	763	30,0	0,433
HGMF107	1 067	42,0	0,862
HGMF152	1 524	60,0	1,778
HGMF214	2 134	84,0	3,511
HGMF305	3 084	120,0	7,175

### *Matrix heights*

Matrix heights nomination	Matrix heights mm	Matrix heights inch
15	150*	6*
15	178	7
30	305	12
50	503	20

\*) available only with model HGMS10

### *Standard magnetic field designs*

The available magnetic field designs have been limited to 3, 5, 10, 15 and 20. The available magnetic field can always be adjusted to a lower rating. The highest available rating appears as the last digit(s) in the HGMS model name.

### *Model definition*

In the model name canister diameter, matrix height and nominal magnetic rating are appearing, e.g. HGMF107-15-10 has a diameter of 1067mm a matrix height of 178 mm and a magnetic rating of 10 kG.

### *Matrix grades for cyclic HGMF units*

Matrix grade	Type of matrix	Maximum particle size, µm	Maximum particle size, mesh
XR1.1	Expanded metal	1000	16
XR	Expanded metal	800	22
XM1.1	Expanded metal	450	35
XM	Expanded metal	350	42
XMG0	Expanded metal	300	48
XF1.1	Expanded metal	150	106
XF	Expanded metal	100	150
WC	Steel wool	20	
WM	Steel wool	10	
WF	Steel wool	7	

## HGMF - Applications

Generally: For high pressure, high temperature and “lack of space” applications

- Removal of iron and copper particles from boiler circuits
- Cleaning of district heating systems
- Removal of weakly magnetic particles from process water (mill scale, metallurgical dust etc.)

## HGMF – Process data

- Solids in feed** Normally low ppm levels
- Particle size in feed** Restricted by matrix type  
Matrix type XF will allow particles – 100 microns

## HGMF – Sizing

Sizing similar to conventional clarification sizing, see section 6:3.

Surface load (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> and (ft<sup>3</sup>/h)/ft<sup>2</sup> is the flow velocity through the matrix for optimal clarification.

Application *	Surface load (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup>	Surface load (ft <sup>3</sup> /h)/ft <sup>2</sup>	Flush interval
Condensate polishing	500 – 1 500	27 – 81	7 – 21 days
District heating systems	500 – 1 500	27 – 81	24 hours
Steel mill cooling water	200 – 800	11 – 44	0.3 – 1 hours

\* Magnetic field 3 kg

### Ex 1:

*Steel mill cooling water can be treated with a surface load of 500 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> at 3 kG. The flow is 800 m<sup>3</sup>/h.*

*Required area 800 / 500 = 1.6 m<sup>2</sup>*

**Select HGMF 152 - 15 - 3**

### Ex 2:

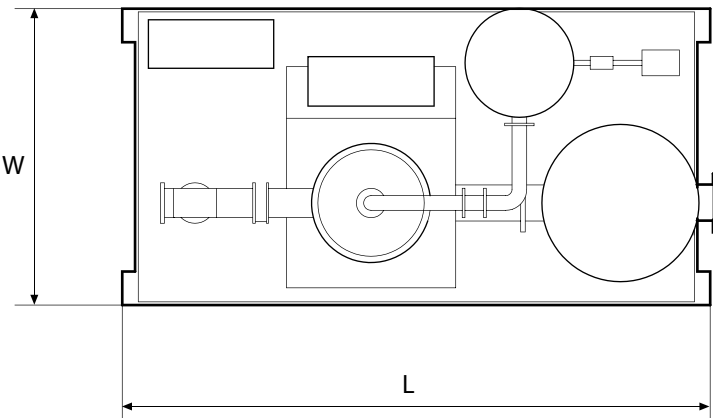
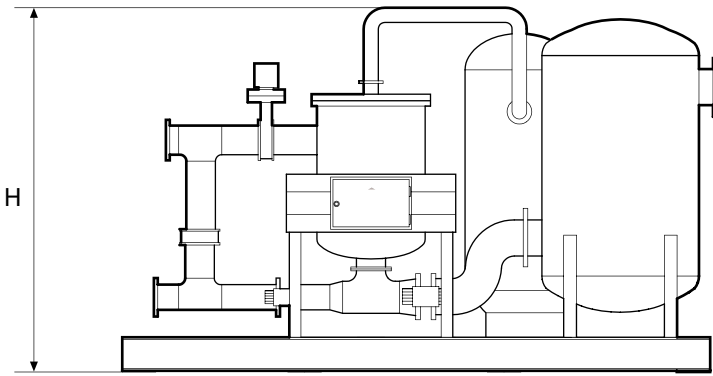
*Paper mill Condensate water can be treated with a surface load of approx. 500 GPMPFSF (Gallon per minute per square foot)*

*Flow is 3000 GPM*

*HGMF model 107 has an area = 9.1 ft<sup>2</sup>*

**3000 / 9.1 = 330 GPMPFSF (OK!)**

**Wet cyclic high gradient magnetic filter – HGMF**



Model	H mm (ft)	L mm (ft)	W mm (ft)	Power (magnet) kW	Matrix area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )
38-15-3*	1 905 (6)	3 048 (10)	1 321 (4)	9	0.07 (0.8)
45-15-3	2 032 (7)	3 556 (12)	1 524 (5)	12	0.11 (1.2)
56-15-3	2 210 (7)	4 064 (13)	1 829 (6)	12	0.19 (2.0)
76-15-3	2 464 (8)	4 115 (14)	1 829 (6)	24	0.43 (4.6)
107-15-3	3 073 (10)	5 588 (18)	1 981 (7)	24	0.85 (9.15)
152-15-3	**	**	**	28	1.75 (18.84)
214-15-3	**	**	**	37	3.42 (36.81)

\*38-15-3= 38 (Outer diameter in cm)-15 (matrix height in cm) -3 (field rating in kGauss)

Magnetic field available 3,5,10,15 and 20 kGauss

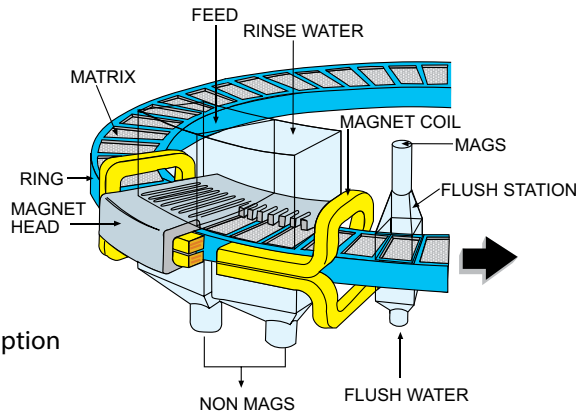
\*\* Site specific



## Wet continuous HGMS

### Features

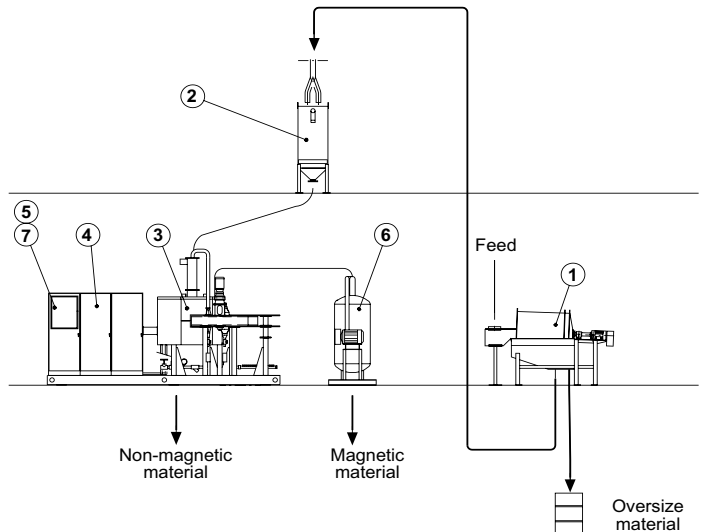
- Continuous operation
- Fully automatic processing
- Broad range of applications
- Fine particle processing
- High separation efficiency
- Reliable design
- Low specific power consumption
- Large process capacity
- Long component life



See data sheet page 5:44

## Wet continuous HGMS – Process system

1. Oversize control
2. Passive matrix
3. Separator
4. Power supply
5. Cooling system
6. Vacuum system
7. Control system



## Wet continuous HGMS – Applications

1. Concentration of paramagnetic oxide minerals such as:
  - Chromite
  - Hematite
  - Ilmenite
  - Manganite
  - Wolframite
2. Rare earth minerals
3. Industrial minerals (reduction of paramagnetic contaminations)
4. Coal (desulphurization and de-ashing)
5. Separation of base metal minerals such as:
  - Cu-Mo
  - Cu-Pb
  - Zn-Pb

## Enrichment

### *Wet continuous HGMS – Sizing and selection*

Note: The sizing and selection of the equipment should be carried out by authorized personnel.

**Matrix loading (ML)** = Allowable feed solids (dry weight) per matrix volume, g/cm<sup>3</sup>.

**Pulp flow velocity (PFV)**, mm/s

The factors feed density, Magnetic field, ML and PFV are determined by laboratory testing. The data in the tables below are only indicative.

#### *Matrix grades for continuous HGMS units*

Matrix grade	Type of matrix	Maximum particle size, $\mu\text{m}$	Maximum particle size, mesh
XR1.1	Expanded metal	1000	16
XR	Expanded metal	800	22
XM1.1	Expanded metal	450	35
XM	Expanded metal	350	42
XMG0	Expanded metal	300	48
XF1.1	Expanded metal	150	106
XF	Expanded metal	100	150

#### *Wet continuous HGMS – Approximate water consumption*

Size	Rinse/mag head (m <sup>3</sup> /h)	Flush/mag head (m <sup>3</sup> /h)	Seal water/unit (m <sup>3</sup> /h)	Cooling water* (m <sup>3</sup> /h)
120	15	20	8	3
185	70	90	12	4
250	200	250	27	6
350	350	450	40	9

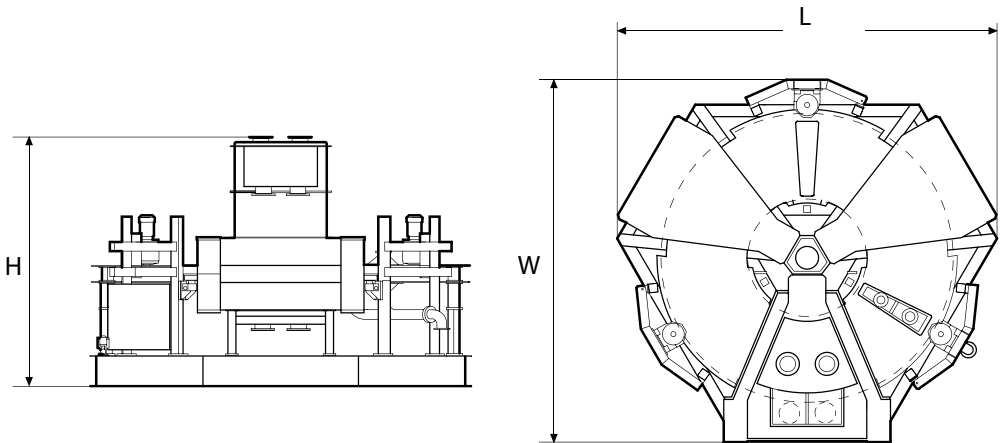
\* One magnet head 7 kGauss

Size	Rinse/mag head (USGPM)	Flush/mag head (USGPM)	Seal water/unit (USGPM)	Cooling water* (USGPM)
120	65	90	35	15
185	310	395	50	20
250	880	1 095	120	25
350	1 535	1 975	175	40

\* One magnet head 7 kGauss

Application	Magnetic field T	Matrix loading g/cm <sup>3</sup>	Flow velocity mm/s
Hematite	0,3 – 0,7	0,3 – 0,65	180 – 250
Martite	0,3 – 0,7	0,3 – 0,6	180 – 250
Ilmenite	0,5 – 0,7	0,3 – 0,45	180 – 200
Chromite	0,5 – 0,7	0,3 – 0,5	150 – 200
Manganese	1,0 – 1,5	0,3 – 0,5	100 – 200
Apatite	0,7 – 1,5	0,3	100 – 150
Kyanite	1,5	0,3	100 – 150
Wolframite	1,0	0,3	100 – 150
Nepheline Syenite	1,2 – 1,5	0,3	60 – 90
Glass sand	1,5	0,3 – 1,0	60 – 90
Mica	0,8 – 1,0	0,3 – 0,8	60 – 90
Retreatment of current tailings and exist. deposits	Varying	Varying	Varying

**Wet continuous HGMS**



Enrichment

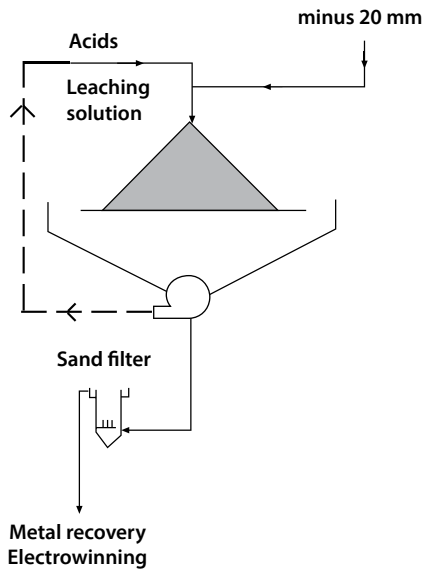
Model	H mm (ft)	L mm (ft)	W mm (ft)	Power/head* kW	Weight/frame ton	Weight/head ton
120-10 (2)*	2 800 (9)	2 600 (9)	2 200 (7)	75	6	3
120-15 (2)	2 800 (9)	2 600 (9)	2 200 (7)	175	5	5
185-7 (2)	3 600 (12)	4 100 (13)	3 700 (12)	65	10	9
185-10 (2)	3 600 (12)	4 100 (13)	3 700 (12)	85	10	18
185-15 (2)	3 600 (12)	4 100 (13)	3 700 (12)	200	10	31
250-5 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	40	20	22
250-7 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	75	20	32
250-10 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	120	20	54
250-15 (2)	3 600 (12)	6 300 (21)	4 500 (15)	260	20	95
350-5 (3)	4 600 (15)	7 000 (23)	7 500 (25)	78	40	26
350-7 (3)	4 600 (15)	7 000 (23)	7 200 (24)	136	40	37
350-10 (3)	4 600 (15)	7 200 (24)	7 200 (24)	165	40	66
350-15 (2)	4 600 (15)	8 200 (27)	7 000 (23)	326	40	120

\* power required for ring drive, cooling systems lubrication etc is additional.

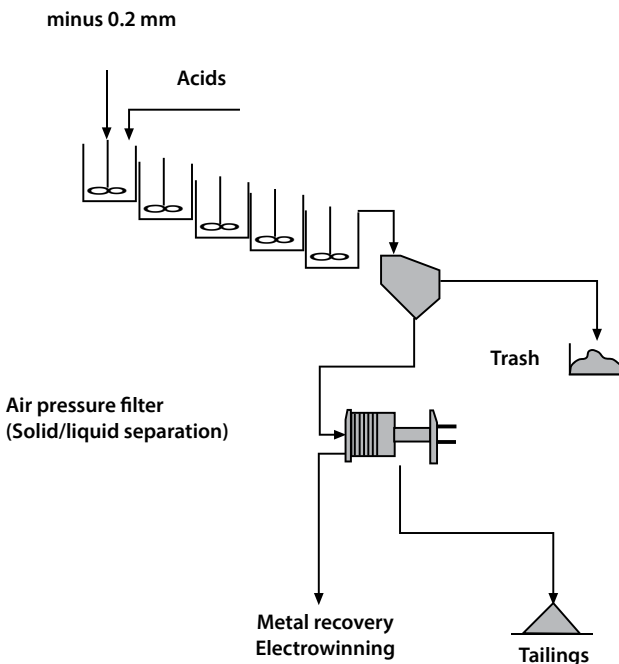
## Leaching of metals

Below find the flow sheets for classical leaching circuits, heap leaching for coarse fractions (crushing only) of low grade ores and agitation leaching for finer fraction of high value ores.

In the **heap leaching** process the ground is protected by a sealed surface, collecting the leaching chemicals, re-circulated by pumping. When the solution is "pregnant" its clarified by sedimentation or sand filtration and taken to metal recovery by electrowinning.



In the **agitation leaching** circuit the feed is finer (typical  $-200$  microns) and the slurry moves in the same direction as the chemicals (con current flow). In this case, the pregnant solution has to be recovered from the solids by mechanical dewatering due to particle size, see section 6.

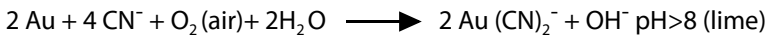


## Gold leaching

Enrichment by leaching is mainly used for recovery of gold often in combination with pre separation by gravity. If free coarse gold is released during size reduction, this fraction (typical – 1mm) is recovered in gravity spirals, see 5:8. If finer fractions of free gold are present centrifuge technology can be applied (not covered here). Alternatively, when processing an ore containing gold metal only, leaching with carbon adsorption are frequently used.

### Gold leaching – Carbon adsorption

#### Leaching reaction



#### Process stages

1. **Leaching** by agitation to dissolve Au by reaction above. Agitators are arranged in con current flow.  
**CIL (Carbon in leach)** is a method where the gold adsorption by carbon is done in the leaching circuit. The method, seldom used due to high operating costs, is not covered here.

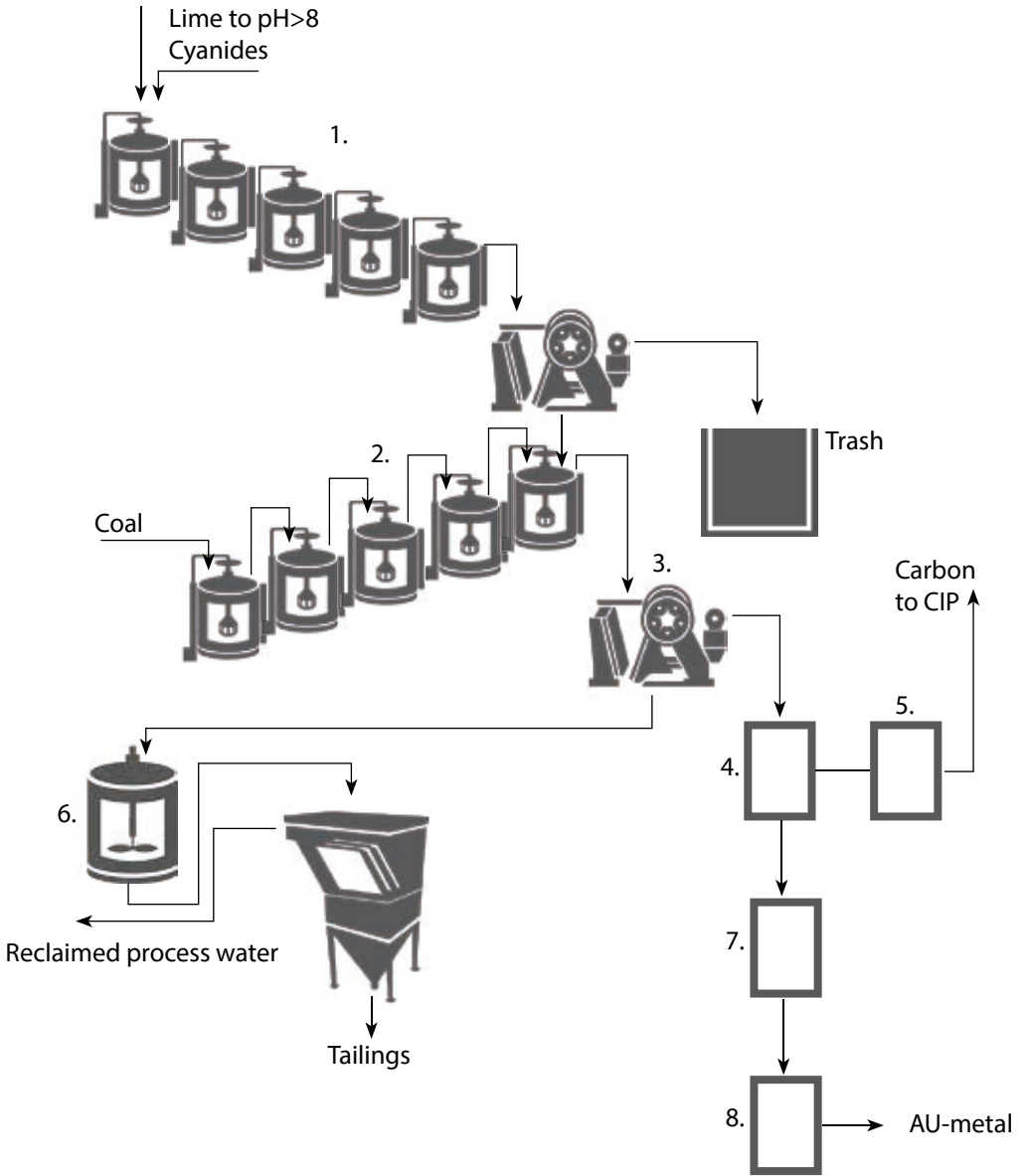
2. **CIP (Carbon in pulp) adsorption** by slow agitation using active carbon granules to adsorb the Au solution from the pulp. Agitators are arranged in counter current flow (carbon travelling towards the pulp flow).  
See flowsheet on next page.

Carbon granules must be:

- a. **Hard** to resist abrasion (made from coconut shells)
  - b. **Coarse** to be separated from slurry by sizing (1-3 mm, 16-6 Mesh)
  - c. **High** in specific surface
3. **Carbon recovery** is done by sizing over a screen (cut at 0,7 mm, 24 Mesh) bringing the loaded carbon out of the pulp system
  4. **Au stripping** is the process of removing the gold solution by “washing” the carbon granules in a solution (cyanide + Na OH) at 135°C. (retention time 6-8 hours).
  5. **Carbon reactivation** is needed after the washing to restore the active surface of the granules. This is done in a kiln at 125° C
  6. **Cyanide destruction** of the pulp leaving the CIP circuit is done in an agitator adding an oxidant (typical hypochloride) bringing remaining cyanide to a harmless state.
  7. **Au electrowinning** by plating out the gold metal is done with steel wool cathodes. These cathodes are sent to fluxing and smelting (8).

# Gold leaching – CIP

From grinding circuit, typical – 75 micron (200 mesh)



Agitation, see 8:31.

Sedimentation, see 6:2.

Mechanical dewatering, see 6:24.







## Upgrading – Introduction

With upgrading we understand, the further processing of the final products from the enrichment stages in a process. This is valid both concerning the valuable minerals (the concentrate) and the waste minerals (the tailings).

In the first case upgrading means improving the product value by bringing the concentrate to transportability or into a completely dry form. Processing can also go further to calcining and sintering.

On the tailing side upgrading means that waste material (wash water, process effluents etc.) is properly taken care of in order to protect the environment, to recover process water and to turn certain portions into valuables.

## Upgrading by methods

### Sedimentation

Clarification/Thickening (conventional)  
Clarification/Thickening (compact)

### Thermal drying

Direct  
Indirect

### Mechanical dewatering

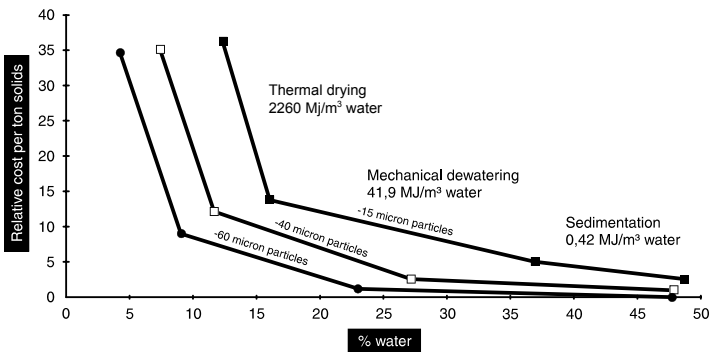
Gravity  
Low pressure  
Medium pressure  
High pressure

### Thermal processing

Calcining  
Sintering (pelletizing)

## Upgrading by operation costs

Upgrading has its price, increasing with the energy input for removal of the process water (or process liquid).



The curves above must always be considered when we are selecting equipment for an upgrading circuit for concentrate drying or disposal of a washing effluent. The rules are simple!

1. Can we do the job with sedimentation only? If not – how far can we reach by sedimentation thereby saving money in the following dewatering stage?
2. How far can we reach with mechanical dewatering? Can we save a thermal stage by increasing the dewatering pressure?
3. If the particles are coarse, can gravity dewatering do the job? The cost is close to the same as for sedimentation.
4. If thermal dewatering is needed, can energy be saved in drying by improved mechanical dewatering?

## Sedimentation

Sedimentation is a continuous solid-liquid separation process with settling of solids by gravity. **Clarification** is the process for removal of solids from a dilute solid/liquid suspension. **Thickening** is the process for concentrating particles in a suspension by gravity compression

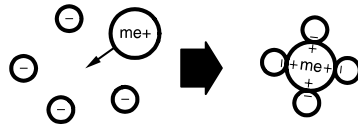
## Flocculation

All sedimentation technologies are related to particle size. One way of improving the settling speed generally is therefore to increase the size of the particles.

Fine particles can be connected together by coagulation or flocculation. The settling rate of the combined particles will be higher than that of each individual particle. This can also be applied prior to mechanical dewatering.

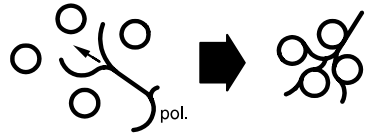
**Coagulation:** Surface charges are neutralized by addition of chemicals of opposite charge.

Ex:  $Fe^{+++}$  (iron sulphate)  
 $Al^{+++}$  (aluminium sulphate)  
 $Ca^{++}$  (lime)



A coagulated aggregate will reform after breaking (e.g. pumping).

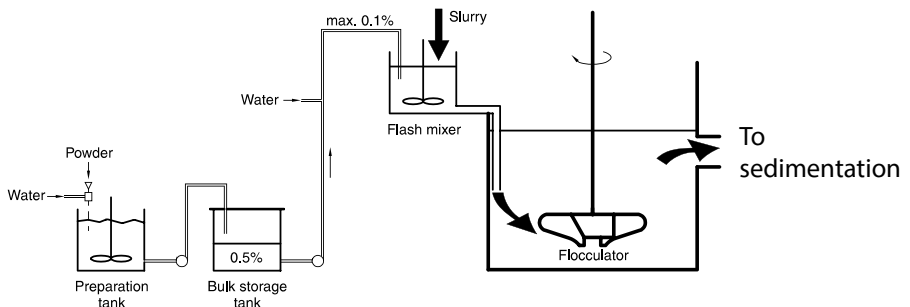
**Flocculation:** Polymers with molecule chains which physically link the particles together (mechanical bridging).



A flocculated aggregate will not reform after breaking.

## Flocculation system

A handling system is needed for flocculent utilisation. This comprises provision to mix, store and dilute the polymer. The dilute polymer is then mixed with the feed slurry and allowed to condition (or age) before a sedimentation or dewatering process.

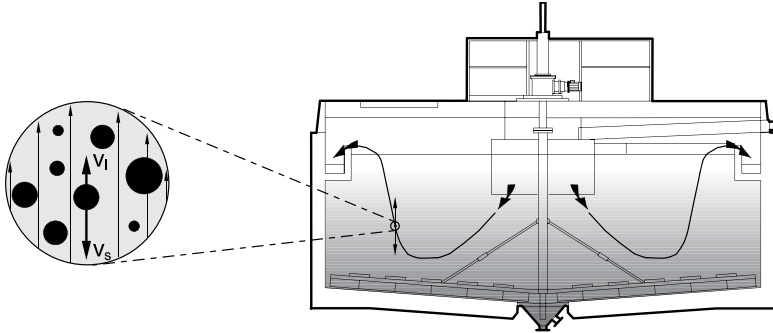


## Flocculation - addition and mixing time

Application	Flocculant charge	Mixing time min	Addition rate $g/m^3$
Sand wash water	an- or non-ionic	0.5 – 1	0.5 – 5
Scrubber water (gas cleaning)	an-ionic	0.5 – 2	0.5 – 2
Coal tailings	non- and cat.ionic	0.5 – 1	2.0 – 10
Mineral tailings	an-ionic	0.5 – 1	1.0 – 5 (40-80 g/t)

## Conventional clarifier

Clarification is achieved when the liquid “upstream” velocity  $V_L$  (rise rate) is lower than the sedimentation velocity of the solids  $V_s$



## Conventional clarifier – sizing

Clarifier diameter is selected to give a suitable upstream velocity (m/h). Sizing is usually done using “Surface Load”, meaning the volume of slurry  $m^3/h$  fed per  $m^2$  of clarifier surface. Typical surface loads are given below.

Surface load material	Feed %	Surface load $m^3/m^2, h$	Surface load $ft^3/ft^2, min$
Brine purification	0.1 – 5	0.5 – 1.7	0.03 – 0.07
Coal refuse	0.5 – 6	0.7 – 1.7	0.04 – 0.09
Clean coal fines	1.0 – 5	1.0 – 1.9	0.06 – 0.10 (with flocculation)
Heavy media magnetite	20 – 30	6 – 7.5	0.32 – 0.41
Gas cleaning	0.2 – 2	1.5 – 3.7	0.08 – 0.20 (with flocculation)
Gypsum desulphurization	1 – 3	1 – 2	0.06 – 0.12
Sand wash water	1 – 5	0.3 – 1	0.02 – 0.06 (without flocculation)
	1 – 5	1 – 4	0.06 – 0.22 (with flocculation)
Ore flotation tailings	10 – 20	0.1 – 0.3	0.005 – 0.02 (without flocculation)
	10 – 20	0.5 – 1.5	0.03 – 0.08 (with flocculation)

### Example

A wash water ( $100 m^3/h$ ) coming from a sand operation needs to be clarified. Surface load is  $0.5 m^3/h/m^2$ . Select clarifier diameter.

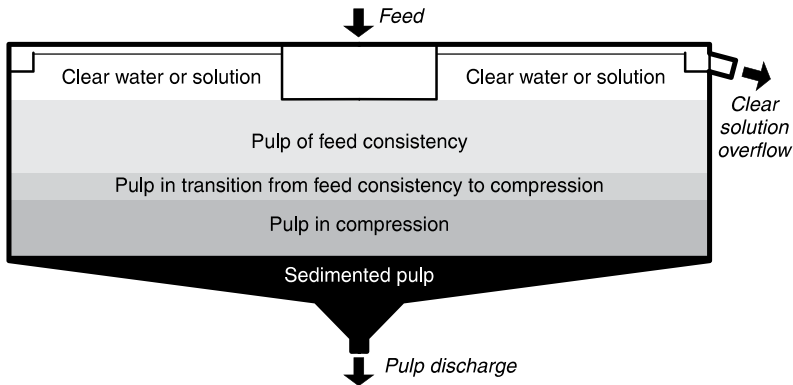
Required area is:  $100/0.5 = 200 m^2 = \frac{\pi d^2}{4} = 200$  where  $d$  is required diameter = 15.9.

Select a 16 m clarification tank!

Note! When thickening is also a critical part of the sedimentation process, the tank diameter has to be cross-checked with the diameter for thickener duty, see next page.

## Conventional thickener

Continuous thickening to give the required solids concentration in the underflow depends on balancing the volumetric solids flow rate at a critical concentration with the diameter of the thickener.



## Conventional thickeners – Sizing

Thickener selection is based upon the **unit area**, defined as  $m^2$  of thickener area required per tph of solids. Typical figures for unit area are given below.

### Clarification/ thickening – cross checking (metric)

Clarification and thickening are process definitions. The equipment can be applied to both duties. If this is the case we have to select the tank area for each duty and select the largest of the two.

**Ex: Cu concentrate ( $k_{80} = 80 \mu m$ ), 10 t/h or  $18 m^3/h$**

Surface load (with flocculation) = 1.5 m/h

Unit area =  $2 m^2/(t/h)$

Clarification area =  $18 / 1.5 = 12 m^2$

Thickening area =  $10 \times 2 = 20 m^2$

**Select a clarifier/thickener of  $20 m^2$ , diameter 5 m.**

Application	Feed % w/w	Underflow solids % w/w	Solids $m^2 / t/h$	Unit area $ft^2/st \times 24h$
Industrial minerals conc.	k80 150 $\mu m$	15-25	50-60	3-6 1-3
Industrial minerals conc.	k80 100 $\mu m$	15-25	45-55	4-8 2-4
Industrial minerals conc.	k80 50 $\mu m$	15-25	40-50	6-12 1-5
Industrial minerals conc.	k80 30 $\mu m$	15-25	30-40	8-15 4-7
Mineral tailings	k80 90 $\mu m$	10-20	50-60	5-6 2-3
Mineral tailings	k80 50 $\mu m$	10-20	40-50	6-10 3-5
Metallic mineral conc.	k80 130 $\mu m$	20-30	60-70	1-2 0,5-1
Metallic mineral conc.	k80 80 $\mu m$	20-30	55-65	2-3 1-2
Metallic mineral conc.	k80 50 $\mu m$	20-30	50-60	3-5 2-3
Metallic mineral conc.	k80 30 $\mu m$	20-30	45-55	4-7 2-3
Metallic mineral conc.	k80 20 $\mu m$	20-30	40-50	5 3-4

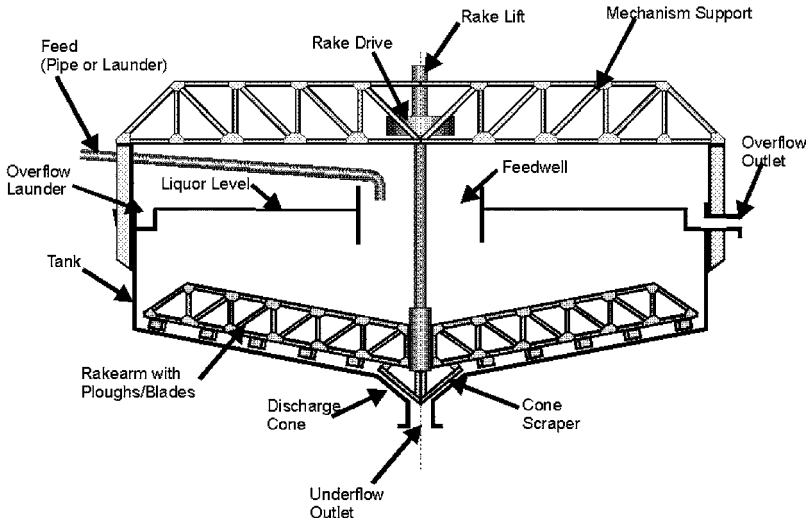
Heavy minerals are easier to treat. Mo and Zn are more difficult than i.e. Cu and Fe.

## Conventional clarifier/thickener – Design\*

### Bridge type

For smaller thickeners, up to 30 – 40 m diameter, the rakes and drive mechanism are supported on a bridge superstructure, which straddles the tank as shown.

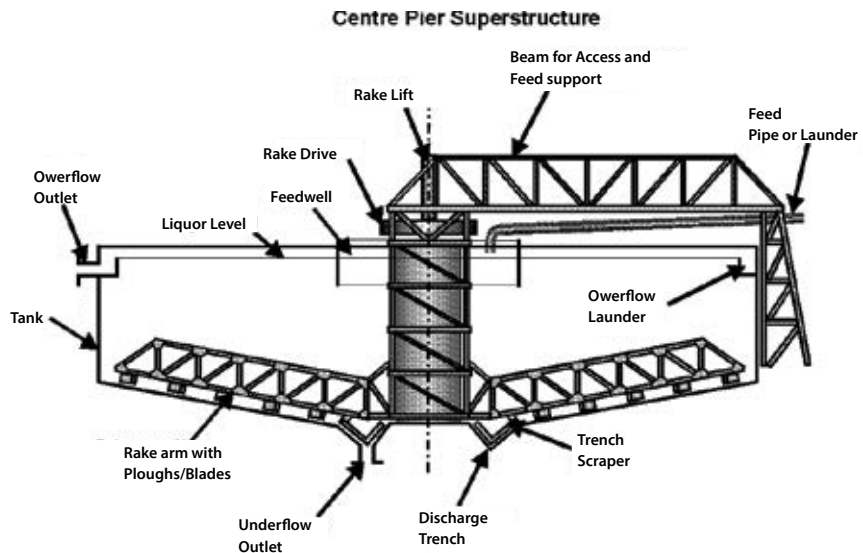
See data sheet 6:10.



### Centre pier type

For tanks over 30 – 40 m diameter a bridge structure will be impractical. The mechanism and rakes are therefore supported from a centre pier and the bridge is only used for access and to support feed pipe and launder.

See data sheet 6:11



### Design options

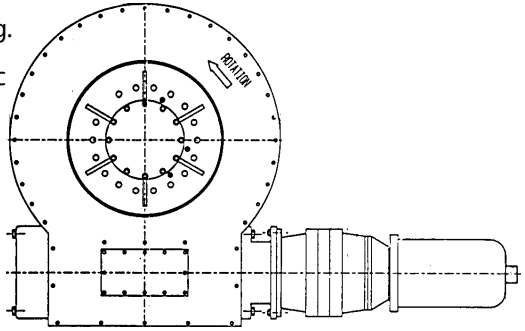
Up to 20 m elevated tank with underflow at ground level. Above 20 m tank at ground level with underflow in a tunnel.

\*Contact Metso for further information about this product.

## Conventional clarifier/thickener\* – Drive system

### Drive mechanism

- For bridge and centre pier mounting.
- Options with and without automatic rake lifting system.
- Automatic torque monitoring
- Slewing ring bearing to accommodate out of balance loads on rakes
- Worm and wheel and multistage epicyclic gearbox drive

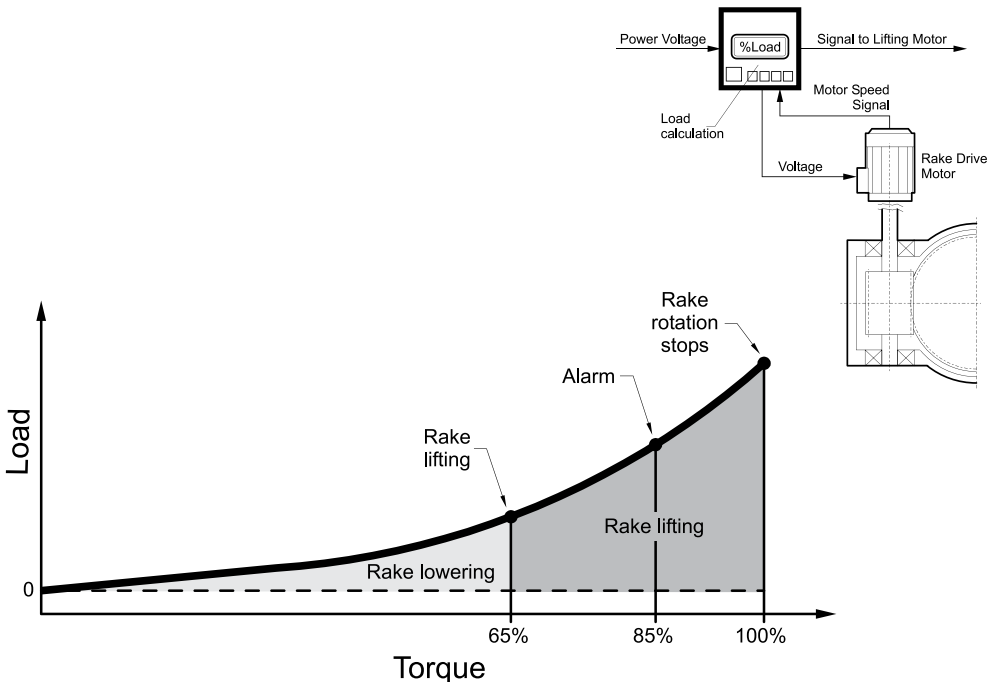


### Conventional clarifier/thickener drives – torque definitions

- 10 year torque** The torque loading at which the drive head will have a calculated wear life of 10 years (also called equivalent torque)
- Cut out torque** Nominal 3000 hours wear life. App. 3 x “10 year torque”. If the monitoring system detects a torque above this level the drive head will stop and a alarm will be raised in order to protect the rakes.
- Peak torque** Practical maximum torque. App. 2 x “cut out torque”.

### Conventional clarifier/thickener – control

Torque is electronically detected and monitored. Increased torque is a sign that the solids loading in the thickener may be building up. This could indicate a process problem (change in feed, blocked underflow etc.). In all these cases rakes and drive have to be protected.



\*Contact Metso for further information about this product.

## Conventional clarifier/thickener\* drive – Sizing

### Duty classification

	Very light duty	Light duty	Standard duty	Heavy duty	Extra heavy duty
<b>Separation/clarification classification</b>	(1)	(2)	(3)	Thickening (4)	(5)
<b>Solids loading</b>					
m <sup>2</sup> /t/h	>120	48 – 120	7 – 48	4 – 7	<4
ft <sup>2</sup> /st/day	>50	20 – 50	3 – 20	1.5 – 3	<1.5
<b>Underflow concentration</b>					
% solids by weight	<5	5 – 30	30 – 60	>60	>60
<b>Specific gravity</b>					
dry solids	<2.5	<2.5	2.0 – 3.5	3.0 – 4.5	>4.0

### Typical duties

- (1) Water treatment, river or lake water clarification, metallic hydroxides, brine clarification.
- (2) Magnesium hydroxide, lime softening, brine softening.
- (3) Copper tails, iron tails, coal refuse tails, coal, zinc or lead concentrates, clay, titanium oxide and phosphate tails.
- (4) Uranium counter-current decantation (CCD), molybdenum sulphide.
- (5) Iron oxide concentrates, magnetite, iron pellet feed, ilmenite.

Examine solids loading or specifications to determine whether duty is thickening or clarification. Proceed to relevant section to select drive head.

### Typical drive head torque rating

Drive head size	kW/hp	Cut-out torque (Nm)	10 year torque (Nm)
10	1.5/2.0	32 000	10 000
12	1.5/2.0	45 000	17 000
14	1.5/2.0	72 000	26 000
17	3.0/4.0	120 000	45 000
20	3.0/4.0	190 000	65 000
24	4.0/4.0	310 000	112 000
28	5.5/7.4	450 000	164 000
32	5.5/7.4	610 000	225 000
36	11.0/14.8	800 000	301 000
40	11.0/14.8	1 100 000	397 000

\*Contact Metso for further information about this product.

### Clarifier drive selection

Clarifiers, see duty page 6:8, operate with a low solids loading and drives are selected according to formula below

$$T_c = K \times D^2$$

$T_c$  = Process Cut Off torque (Nm)

$K$  = Clarifier duty factor (see below)

$D$  = Clarifier Diameter (m)

### Duty factor

Clarifying application	Duty factor
Brine purification	60
Lime softening	80
Metal hydroxides	150-200
Lime sludge	210
Pulp and paper sludge	250
Metall works process water	200-250
Gas cleaning water	350
Heat treatment (metal) sludge	440

Select a drive head from the "Drive Head Torque" values above, so that the specified "cut out torque" is greater than calculated  $T_c$ .

**Example:** Select a bridge mounted drive head for a 35 m diameter clarifier (no lift required). Application: lime sludge clarifying.

$K$  factor = 210 giving a  $T_c = 210 \times 35^2 = 257\,250$  Nm. Select a drive head type BN 24, cut out torque 310 000 Nm.

### Thickener drive selection

Here we are calculating with Process Equivalent Torque (or 10 year torque).

$$T_e = 256 \times D \times \sqrt{M}$$

$T_e$  = Process Equivalent Torque

$D$  = Thickener diameter (m)

$M$  = Solids in underflow (tph), see duty above

Select a drive head from the "Drive Head Torque" values above, so that the 10 year torque is greater than  $T_e$  calculated above.

**Example:** Select a pier mounted drive head with a lift suitable for a 50 m diameter thickener handling an underflow of 130 tph of solids.

$T_e = 256 \times 50 \times \sqrt{130} = 145\,952$  Nm. Select CL 28 drive head with a 10 year torque of 164 000 Nm.



## Lamella or inclined plate sedimentation – Introduction

Metso’s lamella principle uses several parallel inclined plates to maximise the available area for any available floor area. In this way, the size and cost of the gravity settler can be minimised by matching the thickening and clarifying requirements more closely.

The two basic criteria for gravity settling equipment are good clarity of the over flow liquid and maximum density of the underflow solids discharge.

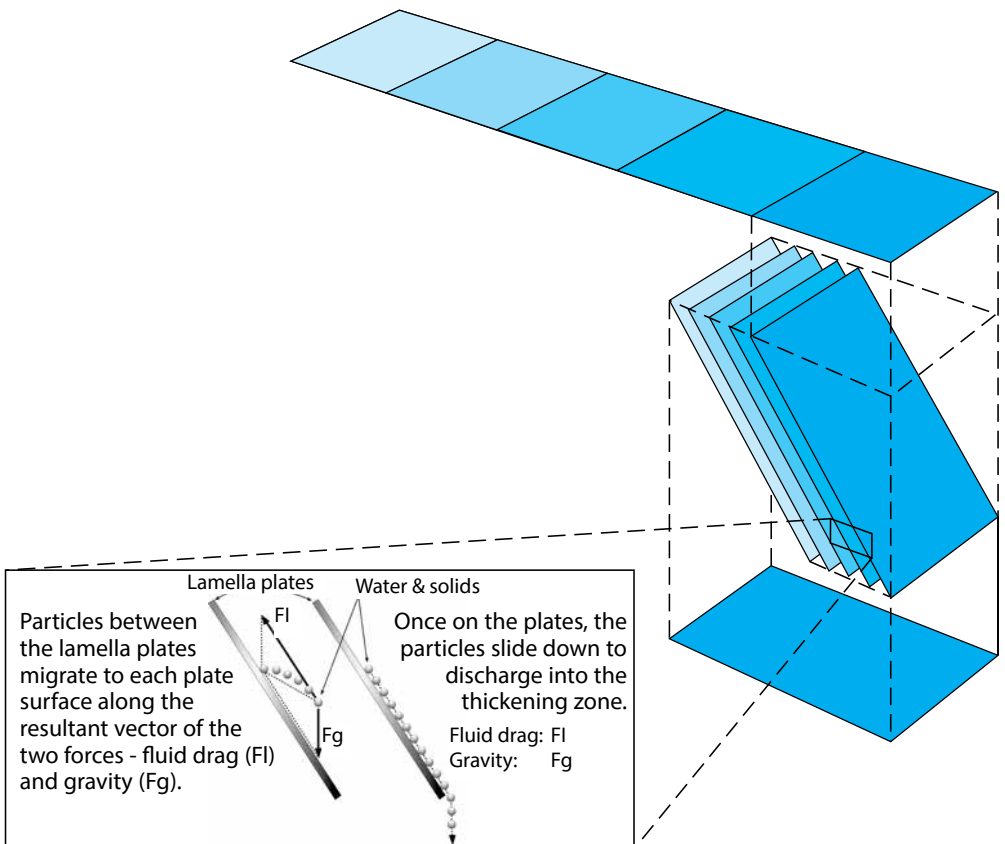
The area required to clarify a suspension is often greater than that needed for thickening.

This means that in a cylindrical thickening tank, the lower section with rakes and drive mechanism can be oversized.

The lamella principle uses several parallel inclined plates to maximise the available settling area for any available floor area. In this way, the size and cost of the gravity settler can be minimized by matching the clarifying and thickening requirements more closely.

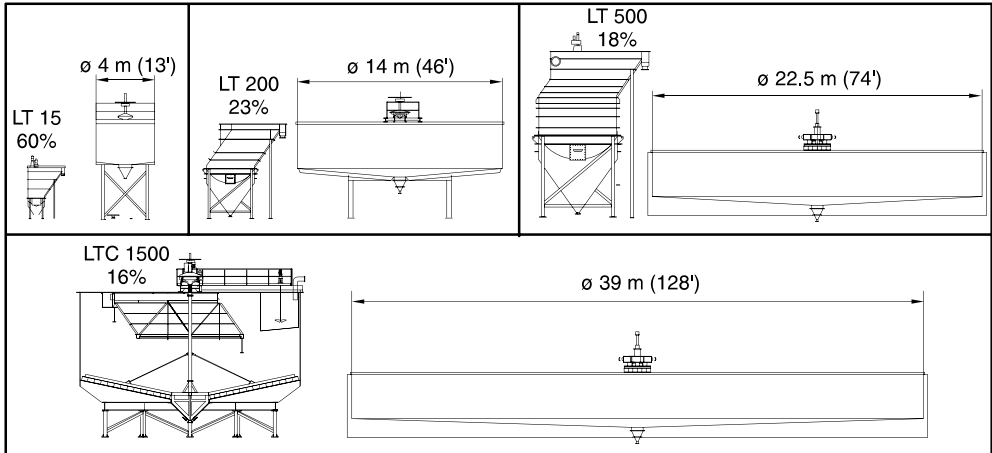
**Clarification is achieved** when upstream velocity is low enough to allow solids to report to the “Lamella plate”.

**Lamella thickening** is achieved as primary thickening on the lamella plates and secondary thickening and compression in the lower lamella tank.



### Lamella plates – principle

The clarifiers and thickeners are utilising the “Lamella or Inclined Plate Principle” to perform sedimentation processes in much more compact equipment than would be possible using conventional techniques. Some typical comparisons of floor area requirements are given below (for clarification applications):



The Lamella concept offers many practical advantages:

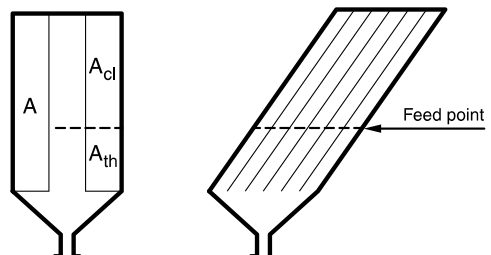
- Reduced plant area requirements
- Reduced retention time
- Possibility to optimize the ratio of clarification & thickening area
- Low heat losses – easy to insulate
- Low water losses due to evaporation – easy to cover
- Transport of the unit is more practical
- More suitable for indoor installation
- Quicker installation
- Easier to manufacture special designs (rubber lined, stainless steel etc.)
- Lower capital costs

There are limitations to the ‘lamella concept’ and in some of these cases conventional thickeners can be preferred. Examples are:

- High surface loads (above approx.  $5.0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  ( $0.28 \text{ ft}^3/\text{ft}^2\text{min}$ ))
- Feeds with very high solids content / sludge volumes
- High froth content (flotation concentrates)

### Lamella plates – function

The area above the feed points is regarded as clarification area ( $A^{\text{cl}}$ ), this can be up to 80% of the total plate area. The area beneath the feed point is thickening area ( $A^{\text{th}}$ ), this can be up to 50% of the total plate area.



## Inclined Plate Settler – IPS

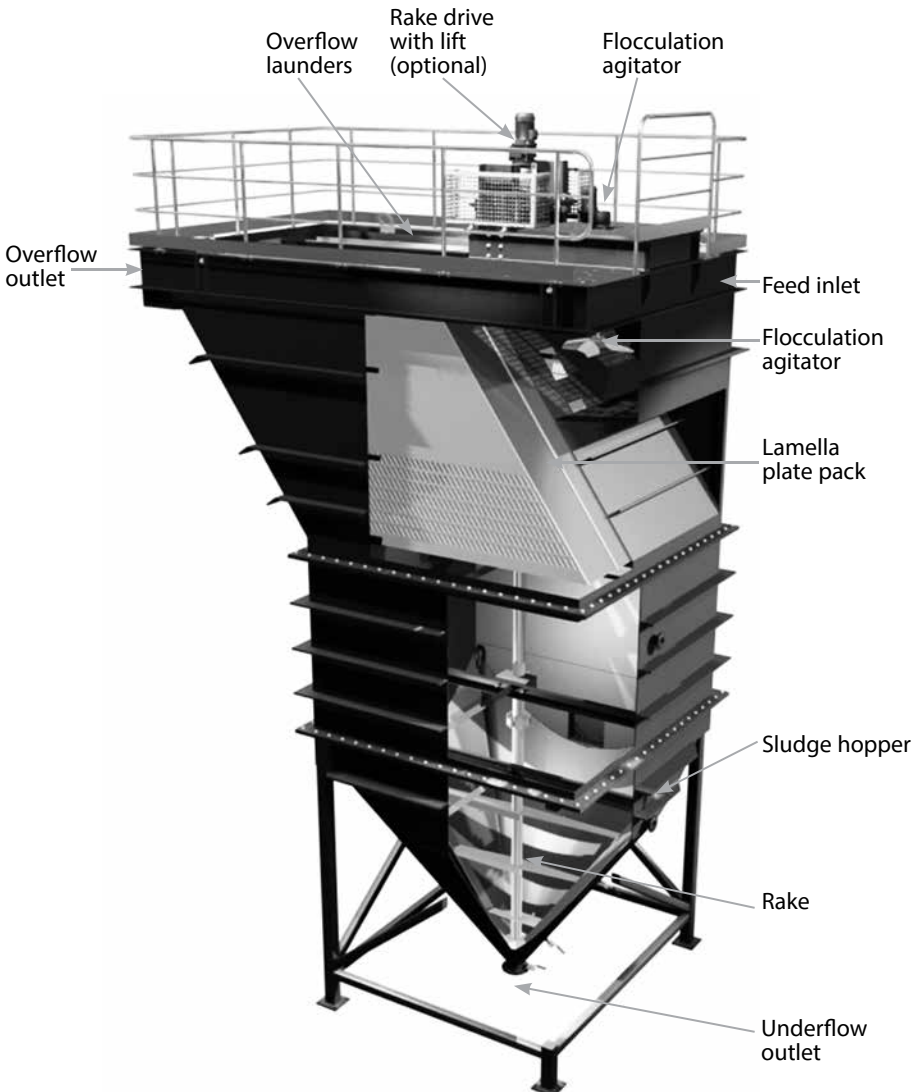
### Design

The inclined plate settler consists of two main components, the upper tank containing the lamella plates inclined at 55° and the lower conical or cylindrical sludge container.

The feed for the inclined plate settler enters through vertical chambers on either side of the lamella packs and passes into each plate gap through slotted feed ports. Clarification takes place above the suspension inlet so there is no mixing of the clarified fluid with the incoming feed.

Above each pack is a full-length overflow launder fitted with throttling holes to create a slight hydraulic back pressure on the incoming feed stream. This method of feed control guarantees equal distribution to all lamella chambers with minimum turbulence at the entry points.

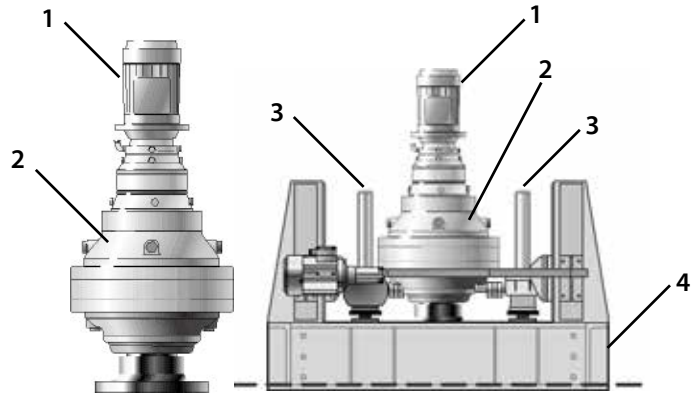
The solids settle onto and slide down each lamella plate to the sludge container where the solids are further thickened and compressed with the assistance of the raking system.



## Inclined Plate Settler – Drives

### Design

1. Gear motor
2. Planetary gear
3. Screw jack
4. Frame



### Sizes

Drive unit size	Max. operating torque		Cut - out torque		Power range		Lifting capacity	
	(Nm)	(ft lbs)	(Nm)	(ft lbs)	(kW)	(hp)	(kN)	(lbf)
SFL 02	2 000	1 475	2 700	1 990	0.18 – 0.75	1/4 – 1	50	11 240
SFL 05	5 000	3 690	6 750	5 000	0.37 – 2.2	1/2 – 3	50	11 240
SFL 10	10 000	7 380	13 500	9 956	0.37 – 5.5	1/2 – 7 1/2	50	11 240
SFL 20	20 000	14 760	27 000	19 900	0.55 – 4.0	3/4 – 5	50	11 240
SFL 30	30 000	22 140	40 500	29 900	0.75 – 5.5	1 – 7 1/2	50	11 240
SFL 60	60 000	44 255	80 000	59 005	0.75 – 5.5	1 – 7 1/2	100	22 480
SFL 80	80 000	59 000	108 000	79 655	3-5,5	4-7,5	100	22 480
SFL 100	100 000	73 755	135 000	99 550	3'-4	4-5,5	100	22 480
SFL 130	130 000	95 885	175 500	129 440	4-5,5	5,5-7,5	150	33 720

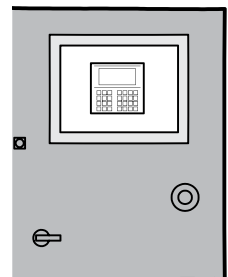
### Lifting sequences

Definition: 100% load equal to max torque recommended by supplier.

Load	Function
< 50%	Normal operation with rakes in lower position.
> 75%	Rakes are lifted until 100% load is reached. Rakes stay in upper position until 70% is reached, then lowering towards bottom position.
> 100%	Cut-out torque stops rotation of rakes. Lifting to the top position and alarm. Starts up normally from drive head control panel.

### Control panel

- PLC controlled
- Fully automatic incl. functions for:
  - Speed control of flocculator
  - Torque signal
  - Start and stop sequences
  - Alarm indications for levels, flows etc.
  - Control of underflow valve and pump

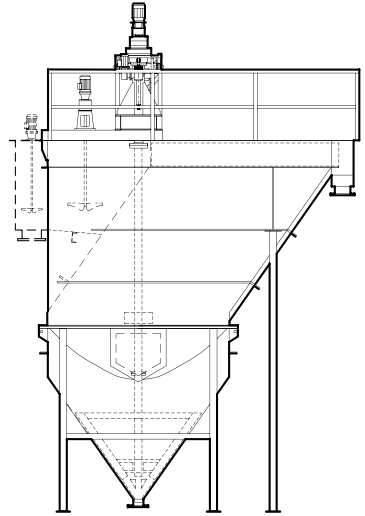


## Inclined Plate Settler – Product range

### Type LT

- Sizes up to 400 m<sup>2</sup> (4 305 ft<sup>2</sup>) effective clarification area (500 m<sup>2</sup> total projected area)
- Effective also with coarser material
- Limited solids content in feed
- Extension of lower part as option
- Lifting device as option

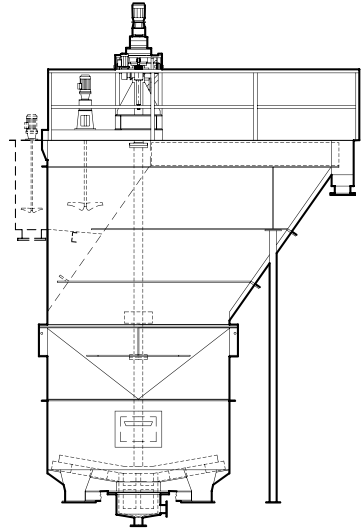
See also data sheet 6:19.



### Type LTS

- Sizes up to 400 m<sup>2</sup> (4 305 ft<sup>2</sup>) effective clarification area (500 m<sup>2</sup> total projected area)
- Not suitable for coarse material (> 0.5-1 mm, 32 – 16 Mesh)
- Higher solids load
- Extension of lower part as option
- Lifting device as option

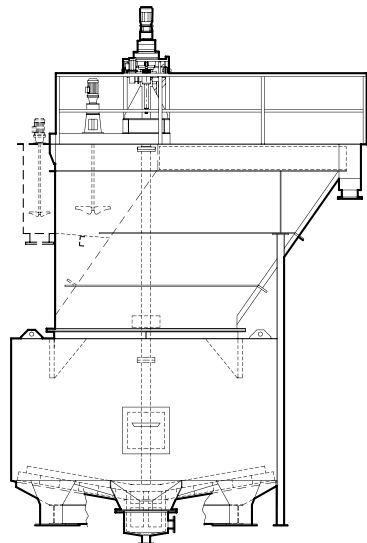
See also data sheet 6:20.



### Type LTK

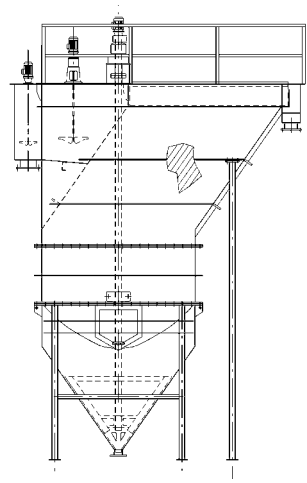
- Sizes up to 400 m<sup>2</sup> (4 305 ft<sup>2</sup>) effective clarification area (500 m<sup>2</sup> total projected area)
- For higher solids load
- Used when storage and thickening is critical
- Extension of lower part as option
- Lifting device as standard

See also data sheet 6:21.



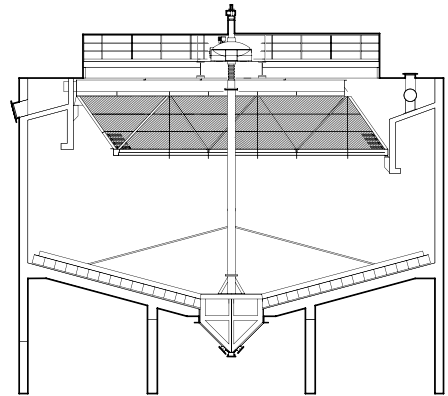
### Type LT, LTS, LTK with extended tank

- By lower tank extensions the volume can be increased giving better storage and improved thickening.



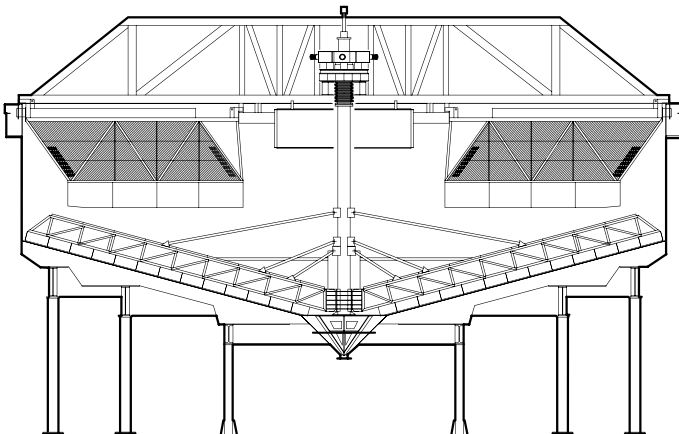
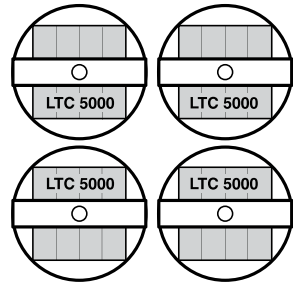
### Type combi LTC

- Sizes up to tank dia 24 m (78.7 ft) = 400 m<sup>2</sup> (53 800 ft<sup>2</sup>)
- For light and heavy duties
- High storage capacity
- Improved thickening
- Plate or concrete tank
- Conventional thickener drives



“Combi lamellas” built up by using lamella packs in circular tanks have principally no limitation in sizes.

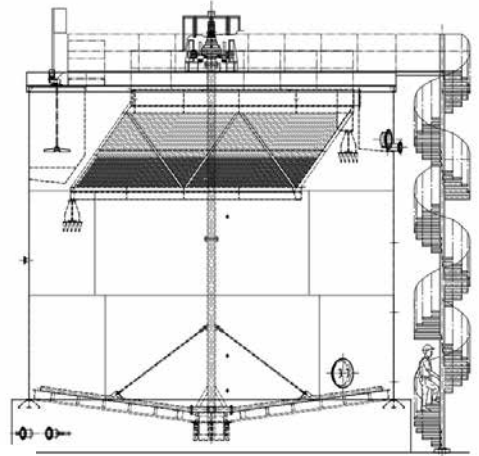
From design point, however, max. practical area for each lamella unit is approx. 5 400 m<sup>2</sup>. These sizes can then be combined in modules 5 400 m<sup>2</sup> + 5 400 m<sup>2</sup> + ... (58 125 ft<sup>2</sup> + 58 1250 ft<sup>2</sup> + ...)



**Type LTE**

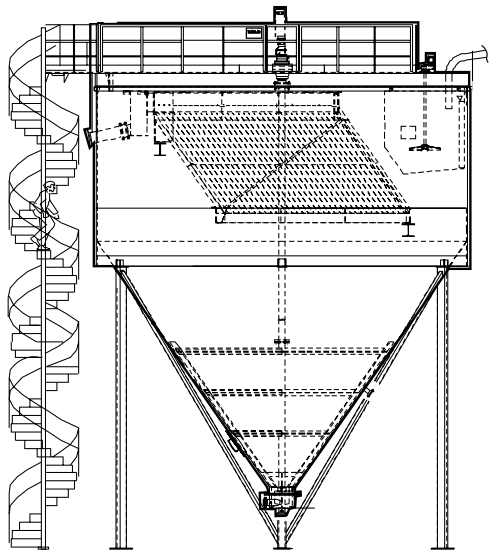
- Sizes up to 1 140 m<sup>2</sup> (12 270 ft<sup>2</sup>) projected area.
- Increased solids storage capacity, e.g. for installation prior to a batch process such as a filter press.

See also data sheet 6:22.

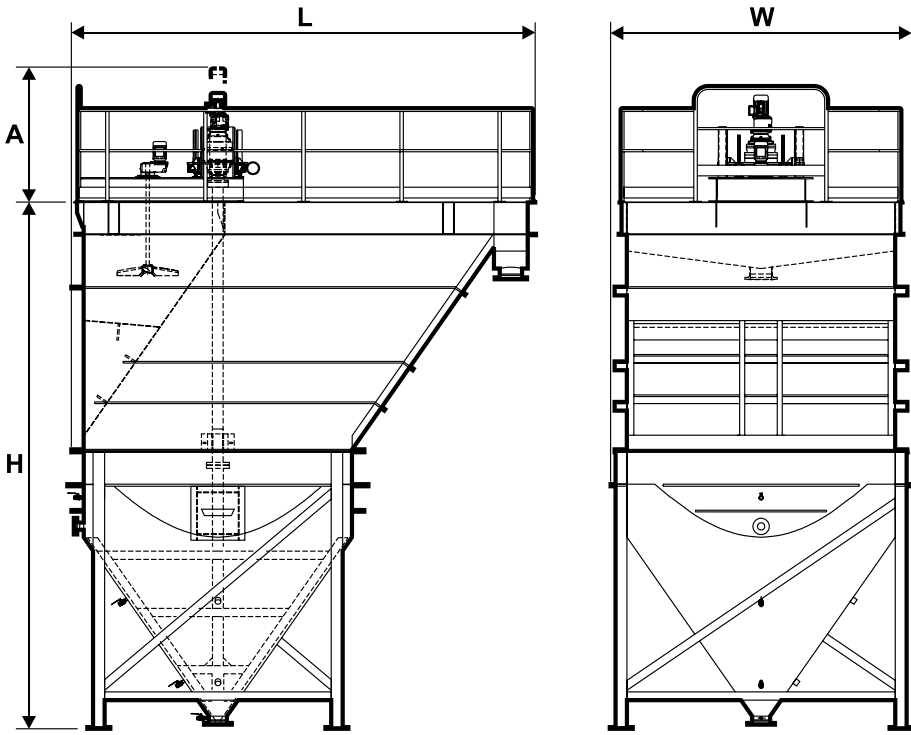
**Type LTE/C**

- Similar to LTE above.
- Conical bottom for denser underflow.
- Improved access to underflow valves, pump and piping.

See also data sheet 6:23.



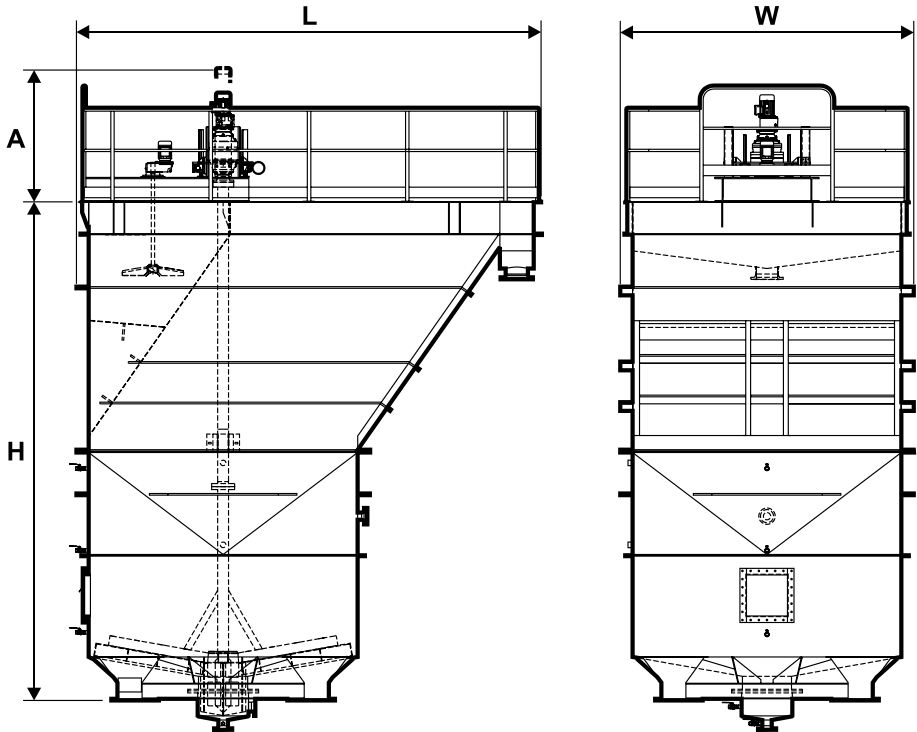
**Inclined Plate Settler – LT**



Model	H (max) mm (ft)	L mm (ft)	W mm (ft)	A mm (ft)	Total volume mm <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Sludge volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Flocculator volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Weight empty kg (lbs)
LT 15	3 485 (11.4)	2 640 (8.7)	1 345 (4.4)	1 800 (5.9)	4.6 (162)	1.1 (39)	0.8 (28)	1 800 (3 968)
LT 30	4 300 (14.1)	3 430 (11.3)	1 830 (6.0)	1 800 (5.9)	9.2 (325)	2.3 (81)	0.8 (28)	3 500 (7 716)
LT 50	4 650 (15.3)	3 865 (12.7)	2 230 (7.3)	1 800 (5.9)	16.2 (572)	4.2 (148)	2.0 (71)	4 800 (10 582)
LT 100	5 400 (17.7)	4 510 (14.8)	2 870 (9.4)	1 800 (5.9)	28.7 (1 014)	9.4 (332)	3.0 (106)	7 800 (17 196)
LT 150	5 950 (19.5)	5 540 (18.2)	3 100 (10.2)	1 800 (5.9)	41.5 (1 466)	14.5 (512)	4.0 (141)	10 500 (23 149)
LT 200	6 500 (21.3)	5 740 (18.8)	3 690 (12.1)	1 800 (5.9)	54.6 (1 928)	18.8 (664)	5.0 (177)	13 200 (29 101)
LT 350	8 100 (26.6)	6 910 (22.7)	4 500 (14.8)	2 000 (6.6)	105.8 (3 736)	47.8 (1 688)	7.0 (247)	24 300 (53 572)
LT 500	8 630 (28.3)	7 810 (25.6)	5 780 (19.0)	2 000 (6.6)	160.8 (5 679)	72.8 (2 571)	8.0 (283)	39 500 (87 082)



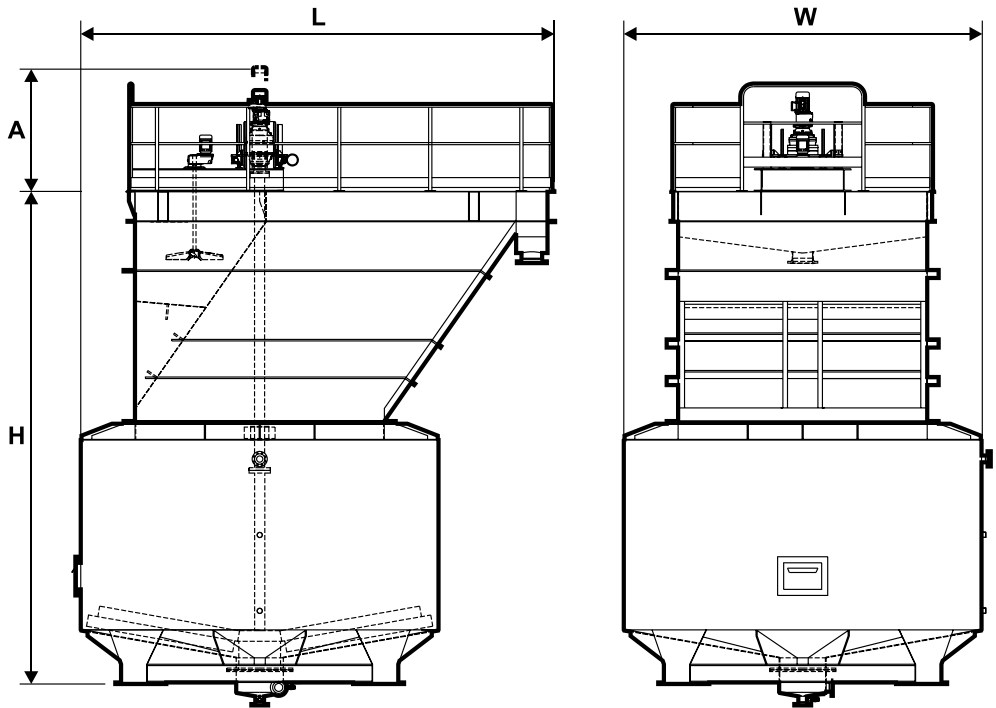
*Inclined Plate Settler – LTS*



Model	H (max) mm (ft)	L mm (ft)	W mm (ft)	A mm (ft)	Total volume mm <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Sludge volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Floculator volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Weight empty kg (lbs)
LTS 15	3 750 (12.3)	2 640 (8.7)	1 345 (4.4)	1 800 (5.91)	5.2 (184)	1.7 (60)	0.8 (28)	2 000 (4 409)
LTS 30	4 620 (15.2)	3 430 (11.3)	1 830 (6.0)	1 800 (5.91)	11.1 (392)	4.2 (148)	0.8 (28)	3 700 (8 157)
LTS 50	4 700 (15.4)	3 865 (12.7)	2 230 (7.3)	1 800 (5.91)	18.6 (657)	6.6 (233)	2.0 (71)	5 100 (11 244)
LTS 100	5 130 (16.8)	4 510 (14.8)	2 870 (9.4)	1 800 (5.91)	32.5 (1 148)	13.2 (466)	3.0 (106)	8 600 (18 960)
LTS 150	5 300 (17.4)	5 540 (18.2)	3 100 (10.2)	1 800 (5.91)	45.8 (1 617)	18.8 (664)	4.0 (141)	11 300 (24 912)
LTS 200	6 100 (20.01)	5 740 (18.8)	3 690 (12.1)	1 800 (5.91)	61.8 (2 182)	26.0 (918)	5.0 (177)	15 800 (34 833)
LTS 350	6 200 (20.3)	6 910 (22.7)	4 500 (14.8)	2 000 (6.56)	114.0 (4 026)	56.0 (1 978)	7.0 (247)	23 000 (50 706)
LTS 500	6 400 (21.0)	7 810 (25.6)	5 780 (19.0)	2 000 (6.56)	153.0 (5 403)	65.0 (2 295)	8.0 (283)	36 000 (79 366)

Upgrading

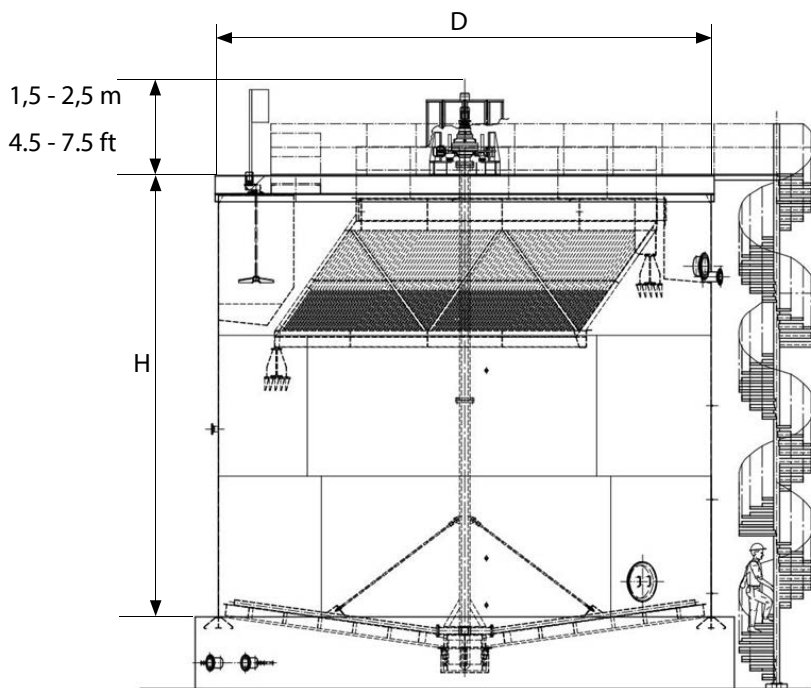
*Inclined Plate Settler – LTK*



Model	H mm (ft)	L mm (ft)	W mm (ft)	A mm (ft)	Total volume mm <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Sludge volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Flocculator volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Weight empty kg (lbs)
LTK 15	5 100 (16.7)	2 795 (9.2)	1 610 (5.3)	1 800 (5.9)	8.0 (283)	4.5 (159)	0.8 (28)	2 200 (4 850)
LTK 30	4 550 (14.9)	3 690 (12.11)	2 310 (7.6)	1 800 (5.9)	14.5 (512)	7.6 (268)	0.8 (28)	4 500 (9 921)
LTK 50	4 800 (15.7)	4 170 (13.7)	2 810 (9.2)	1 800 (5.9)	23.5 (830)	11.5 (406)	2.0 (71)	6 200 (13 669)
LTK 100	5 390 (17.7)	5 020 (16.5)	3 715 (12.2)	1 800 (5.9)	45.5 (1 607)	26.2 (925)	3.0 (106)	10 100 (22 267)
LTK 150	5 800 (19.0)	5 885 (19.3)	4 490 (14.7)	1 800 (5.9)	61.0 (2 154)	34.0 (1 201)	4.0 (141)	13 000 (28 660)
LTK 200	6 500 (21.3)	6 235 (20.6)	4 715 (15.5)	1 800 (5.9)	87.0 (3 072)	51.2 (1 808)	5.0 (177)	16 500 (36 376)
LTK 350	6 930 (22.7)	7 485 (24.6)	6 220 (20.4)	2 000 (6.6)	143.0 (5 050)	85.0 (3 002)	7.0 (247)	26 500 (58 422)
LTK 500	6 940 (22,8)	8 705 (28,6)	7 520 (24,7)	2 000 (6,6)	200.0 (7 063)	112.0 (3 955)	8.0 (283)	46 500 (102 515)

Upgrading

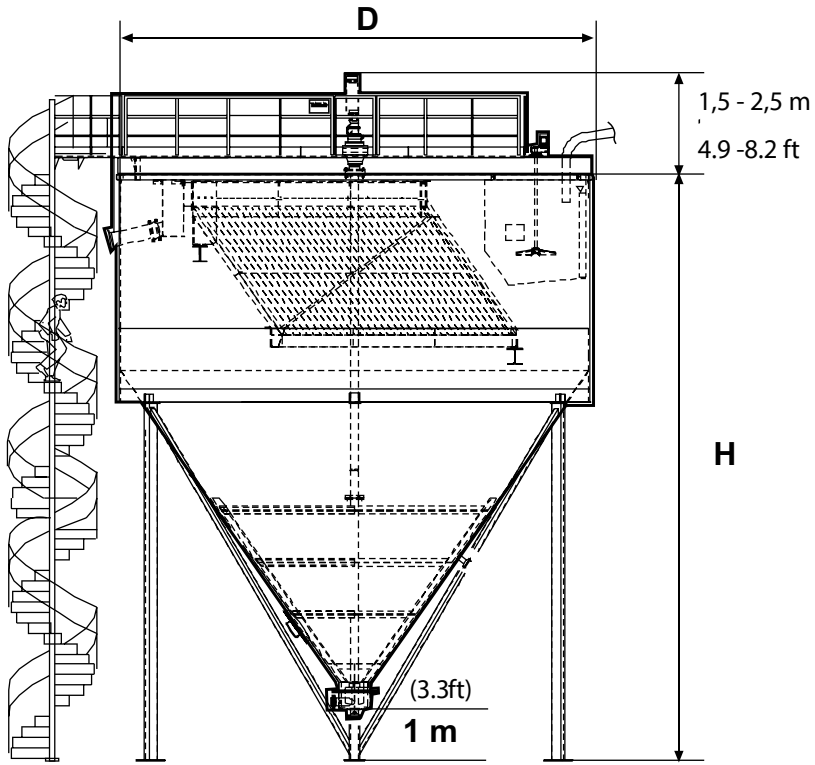
**Inclined Plate Settler – LTE**



Model	Settling area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Tank dia (D) mm (ft)	Tank height (H) mm (ft)	Sludge volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Total volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )
LTE 220-6.3	220 (2 386)	6 300 (20.7)	6 000 (19.7)	86 (3 040)	192 (6 780)
			9 000 (29.5)	179 (6 320)	285 (10 065)
LTE 275-7.1	275 (2 960)	7 100 (23.3)	6 000 (19.7)	110 (3 885)	244 (8 629)
			9 000 (29.5)	228 (8 050)	363 (12 820)
LTE 440-8.3	440 (4736)	8 300 (27.0)	6 000 (19.7)	151 (5 335)	335 (11 830)
			9 000 (29.5)	314 (11 090)	497 (17 550)
			12 000 (39.4)	476 (16 810)	660 (23 310)
LTE 550-9.0	550 (5 920)	9 000 (29.5)	6 000 (19.7)	179 (6 320)	395 (13 950)
			9 000 (29.5)	370 (13 065)	586 (20 695)
			12 000 (39.4)	561 (19 810)	777 (27 440)
LTE800-10.5	800 (8 611)	10 500 (34.4)	6 000 (19.7)	246 (8 690)	541 (19 105)
			9 000 (29.5)	506 (17 870)	801 (28 290)
			12 000 (39.4)	766 (27 050)	1 060 (37 435)
LTE 1140	1 140 (12 270)	12 000 (39.4)	6 000 (19.7)	326 (11 510)	710 (25 0705)
			9 000 (29.5)	665 (23 480)	1 050 (37 080)
			12 000 (39.4)	1004 (35 4555)	1 389 (49 050)

Upgrading

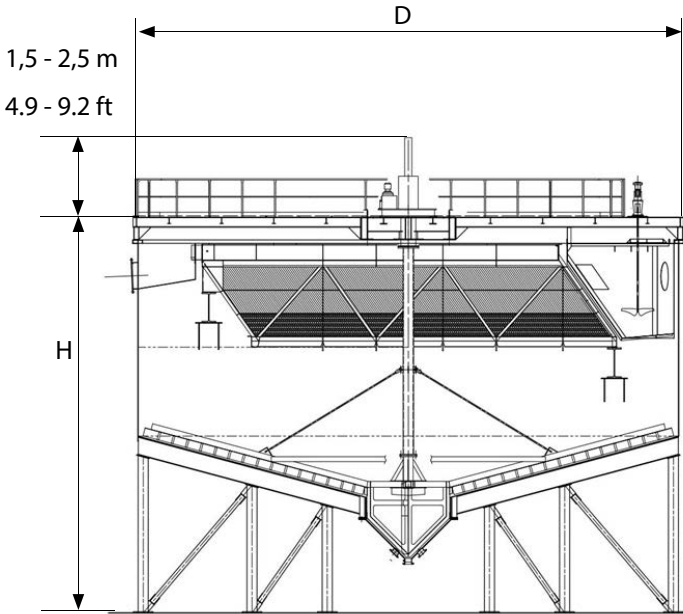
**Inclined Plate Settler – LTE/C**



Model	Settling area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Tank dia (D) mm (ft)	Tank height (H) mm (ft)	Sludge volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Total volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )
LTE/C 220-6.3	220 (2 368)	6 300 (20.7)	8 500 (27.9)	66 (2 330)	172 (6 075)
LTE/C 275-7.1	275 (2 960)	7 100 (23.3)	10 000 (33.0)	91 (3 215)	225 (7 945)
LTE/C 440-8.3	440 (4 736)	8 300 (27.2)	11 000 (36.0)	140 (4 945)	324 (11 440)
LTE/C 550-9.0	550 (5 920)	9 000 (29.5)	11 500 (37.7)	175 (6 180)	391 (13 810)
LTE/C 800-10.5	800 (8 611)	10 500 (34.4)	12 500 (41.0)	269 (9 500)	563 (19 880)
LTE/C 1040-12	1 140 (11 194)	12 000 (39.4)	13 500 (44.3)	392 (13 845)	776 (27 405)

Upgrading

**Inclined Plate Settler – LTC**



*Model	Settling area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Tank dia (D) mm (ft)	Tank height height (H) mm (ft)	**Sludge volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	Total volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )
LTC 1140	1 140 (12 270)	12 000 (39.4)	Min. 8 050 (26,4)	345 (12 185)	710 (25 075)
LTC 1500	1 500 (161 145)	12 500 (41.0)	Min. 8 400 (27.6)	330 (11 655)	715 (25 250)
LTC 1500	1 500 (161 145)	15 000 (49.2)	Min. 9 465 (31.1)	620 (21 895)	1180 (41 670)
LTC 1900/2200	1 900/2 200 (20 450/23 680)	15 000 (49.2)	Min. 9 465 (31.1)	620 (21 895)	1180 (41 670)
LTC 2300/2700	2 300/2 700 (24 755/29 060)	16 500 (54.1)	Min. 8 400 (28)	705 ( 24 895)	1345 (47 500)
LTC 2300/2700	2 300/2 700 (24 755/29 060)	16 500 (54.1)	Min. 10 100 (33.1)	760 (26 840)	1445 (51 030)
LTC 3450	3 450/37 135	18 000 (59.1)	Min. 10 305 (33.8)	900 (31 785)	1 735 (61 270)
LTC 3450	3 450/37 135	18 000 (59.1)	Min. 8 600 (28.2)	875 (30 900)	1 635 (57 740)
LTC 4300	4 300 (46 285)	21 000 (98.9)	Min. 9 485 (31.1)	1 170 (41 320)	2 320 (81 930)
LTC 5250/5400	5 250/5 400 (56 510/58 125)	24 000 (78.7)	Min. 10 515 (34.5)	1 720 (60 740)	3 095 (109 300)
LTC 5250/5400	5 250/5 400 (56 510/58 125)	24 000 (78.7)	Min. 9 050 (29.7)	1590 (56 150)	2 970 (104 885)

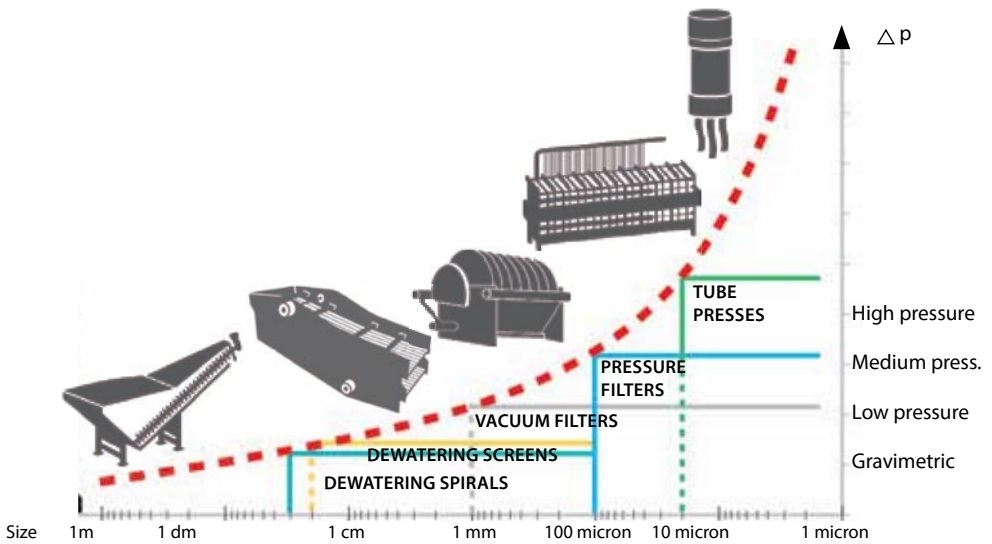
\*All models except LTC 1500 with tank dia 12 500 mm has integrated flocculator chamber.

\*\*Sludge volume from tank bottom to lamella pack lower end = max allowable.

### *Mechanical dewatering – Introduction*

Mechanical dewatering means mechanical removal of liquids from a slurry to obtain the solids in a suitable form and/or recovery of a valuable liquid for:

- Further processing
- Transportation
- Agglomeration
- Disposal
- Recovery of valuable liquids



### *Mechanical dewatering – Methods and products*

#### **Gravimetric dewatering**

- Dewatering spirals (not covered)
- Dewatering screens
- Dewatering wheels (not covered)

#### **Low pressure dewatering**

- Drum vacuum filters
- Belt drum vacuum filters
- Top feed vacuum filters
- Disc vacuum filters (not covered)
- Horizontal belt vacuum filters (not covered)

#### **Medium pressure dewatering**

- Air pressure filters (compression and through-blow)

#### **High pressure dewatering**

- Tube presses (compression and air-purged)

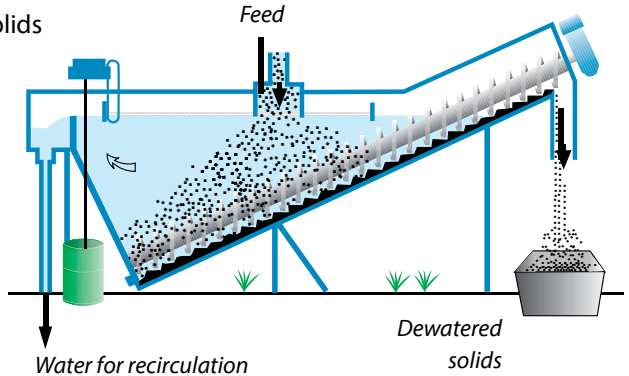
## Gravimetric dewatering

When the particles in a slurry are too coarse for the capillary forces to “trap” the water, the use of gravity is enough to remove the water and give at least transportable solids.

### Spiral dewaterer

Spiral dewaterer for coarse solids  
Typical application is scales removal in steel mill.

- Feed usually up to 2% solids w/w.
- 10 – 1 500 m<sup>3</sup>/h (44-6 600 USGPM)
- Remaining moisture 5-20% w/w.
- Large sedimentation pool
- Oil skimmer as option



See also data sheet 6:27.

### Spiral dewaterer – Sizes

Model	Pool area (m <sup>2</sup> )	Pool area (ft <sup>2</sup> )
SDC45-3	3	32
SDC45-5	5	54
SDC45-7	7	75
SDC60-10	10	108
SDC60-20	20	215
SDC60-40	40	430
SD60-100*	100	1 075
SDC60-40/100**	40-100	430-1075
SDC60-200	200	2050

\* With lamella plate \*\* With variable lamella plate package

### Spiral dewaterer – Sizing

Required pool area = Volume / surface load

Regarding surface loads m/h (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> and hour) see page 6:3

**For preliminary sizing use:**

10 – 20 m/h (0,55 - 1,1 ft/min)

**Ex:** Cooling water from continuous casting must be treated for recirculation. Particles up to about 100 µm are accepted in the cooling water spray nozzles.

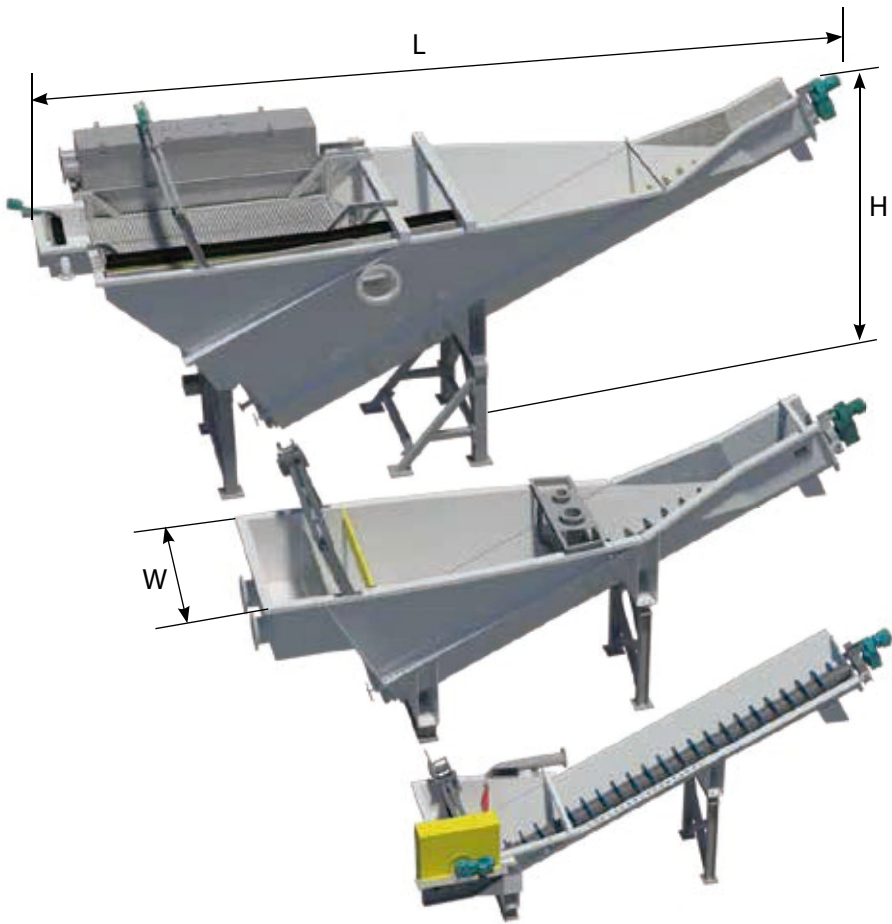
*The flow is 800 m<sup>3</sup>/h with 2 g/l mill scale.*

*Surface load of approx. 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x h will give required separation.*

*Pool area: 800 / 20 = 40 m<sup>2</sup>*

*Select spiral dewaterer SDC 60 - 40*

*Spiral dewaterer*



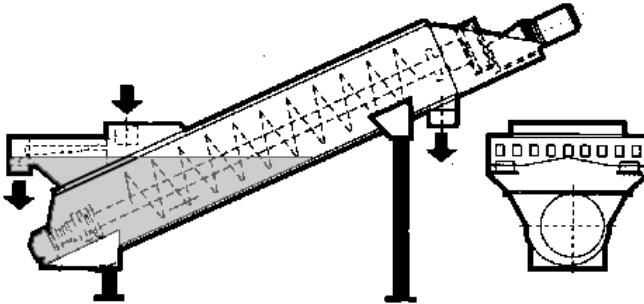
Upgrading

Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Power kW/hp	Weight nom. flooded ton (empty)	Tank volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )
SDC45-3	3450 (136)	6700 (264)	2000 (79)	1.5 (2)	2,3	1.4/1.8 (49/64)
SDC45-5	3450 (136)	6700 (264)	2150 (85)	1.5 (2)	2,5	3,5/4,2 (123/148)
SDC45-7	3450 (136)	6700 (264)	2200 (87)	1.5 (2)	2,7	5,9 /6,6 (208/233)
SDC60-10	4550 (179)	9200 (362)	2620 (103)	1.5 (2)	6,5	10/13 (353/459)
SDC60-20	5550 (218)	11550 (455)	3520 (139)	3 (4)	9,5	25/30 (883/1059)
SDC60-40	6450 (254)	14100 (555)	4880 (192)	4 (4)	17	60/70 (2119/2472)
SDC60-100	6450 (254)	14100 (555)	4880 (192)	4 (5)	18,5	60/70 (2119/2472)
SDC60-40/100	6450 (254)	14100 (555)	4880 (192)	4 (5)	19	60/70 (2119/2472)
SDC60-200	6450 (254)	14100 (555)	4880 (192)	4 (5)	20	60/70 (2119/2472)



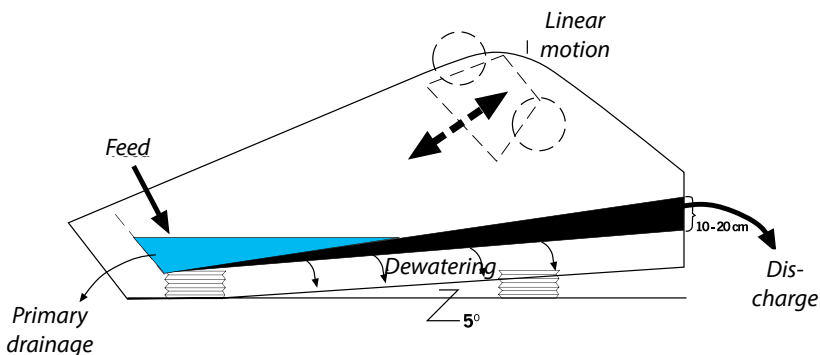
**Sand screw\***

This is a simpler version of the spiral dewaterer mainly used for natural sand. These sands are normally classified (particles below 10 – 50 micron are removed) meaning that the sedimentation pool is very limited compared to the spiral dewaterer.



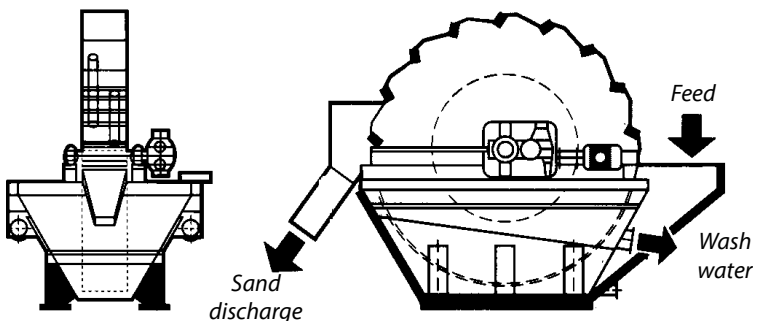
**Dewatering screen\***

This is a version of a screen in linear motion moving the solids upwards on an inclined plane at an inclination of 5°. Dewatering takes place in the moving sand bed. Only for sand, coal or other deslimed solids.



**Dewatering wheel\***

The dewatering wheel is mainly used in dredging of natural sand and gravel. The machine has a simple water draining arrangement at the sand removal buckets. Therefore the water content can be reduced down to 15-18 % H<sub>2</sub>O by weight even if the feed contains certain fines. The pool is limited meaning that the machine is sensitive to high volume flows.



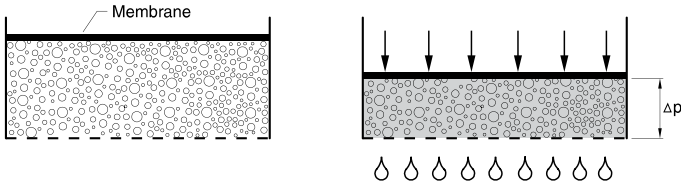
\*Not available from Metso.

### Mechanical dewatering by pressure – Introduction

As particles get finer the resistance against removing water increases. Gravity dewatering can no longer be used. Pressure has to be applied.

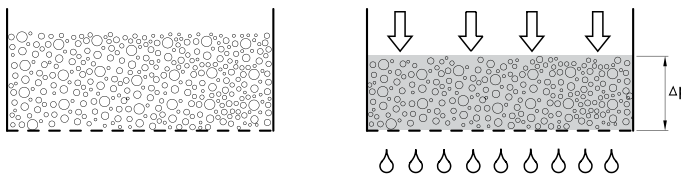
By creating a differential pressure  $\Delta p$  across a cake of solids, liquid can be removed by

#### Compression



“Dewatering by compression means replacing the liquid in a cake with particles”

#### Through blow



“Dewatering by through-blow means replacing the water in a cake with air”

For **vacuum filters** *air-through blow* is used

For **vertical plate pressure filters** either compression or a combination of compression and air through-blow is used

For **tube presses** either compression or a combination of compression and air-purge (air through blow) is used. The Tube Press also enables cake washing.



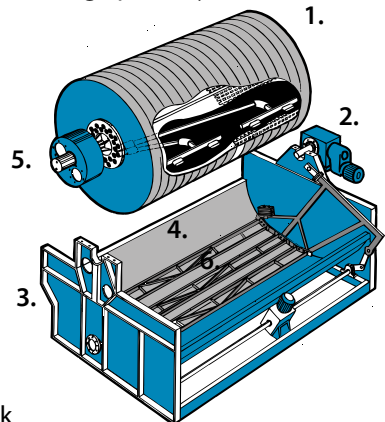
*Cake wash can be applied to any of these filters*

### Drum vacuum filters

Vacuum filtration is the simplest form of “through blow” dewatering. A pressure differential created by a vacuum applied to the inside of the filter drum causes air to flow through the filter cake thereby displacing the contained water. The solids are retained on a filter cloth and are carried to discharge point by the rotation of the drum.

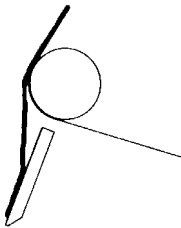
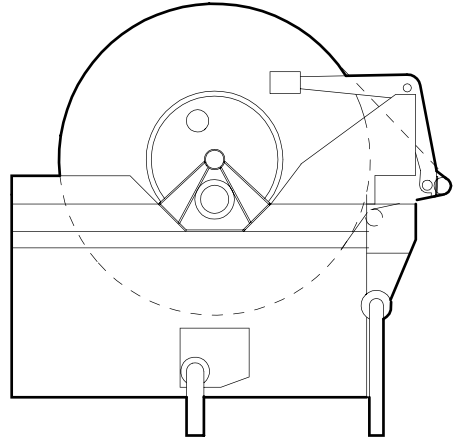
#### Drum filter

1. **Drum** – filter cloth mounted on segment grids. Internal drainage pipes.
2. **Drum drive** – variable speed
3. **Support frame**
4. **Tank**
5. **Vacuum head** – seal arrangement to connect rotating drum to stationary vacuum piping
6. **Agitator** – to suspend solid particles in tank

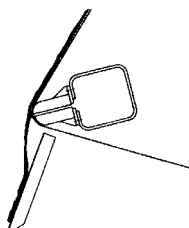


**Belt drum filter\***

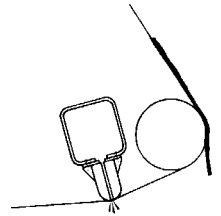
The belt discharge drum filter is similar to the standard drum version except that the cloth is separated from the drum and allowed to pass over a discharge system. This design allows cloth washing and is preferred for dewatering of slurries containing fine particles which produce a filter cake that is sticky and difficult to discharge. Three cake discharge options are available.



*Break roller*



*Air knife*

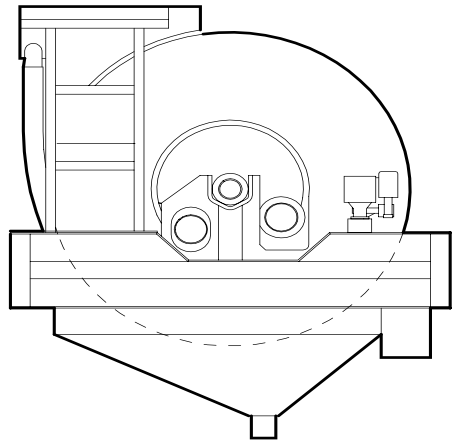


*Break roller and air knife*

\*Contact Metso for further information about this product.

**Top feed drum filter\***

A top feed drum filter is designed to dewater de-slimed slurries containing coarser particles. The top feed principle promotes segregation of the coarser particles forming a “pre-coat” on the filter cloth thereby increasing filtration rate.



\*Contact Metso for further information about this product.

## Vacuum filters – Vacuum requirement

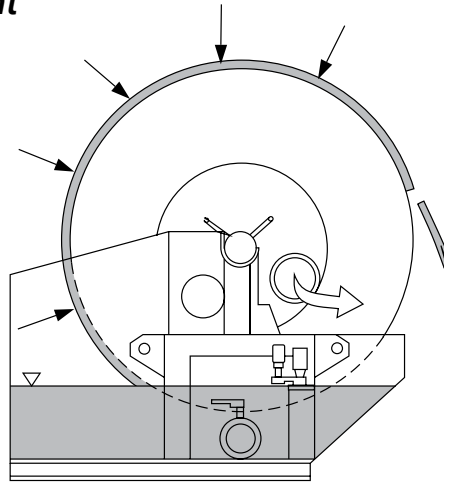
### Principle

By evacuating the air inside the filters dewatering can be achieved by air “through-blow”.

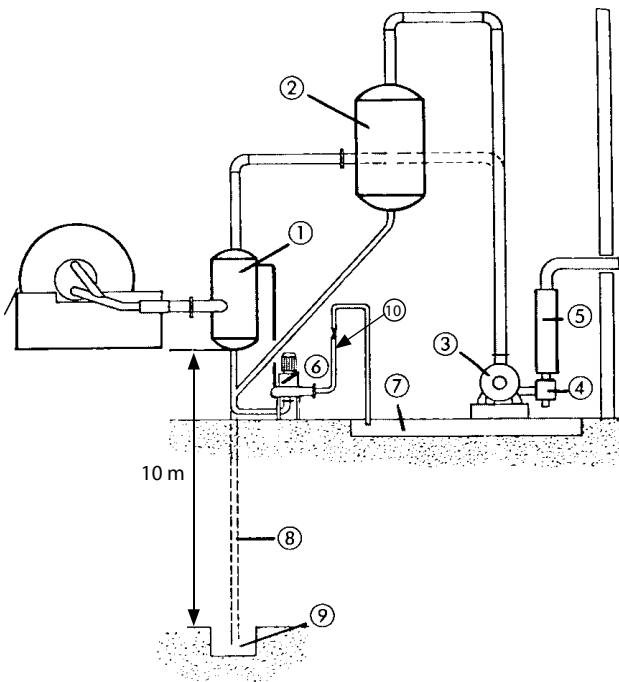
**Vacuum requirement** is calculated as the volume of thinned air per effective filter surface area per minute.

**Thinned air** volume is volume at actual reduced pressure.

**Free air** volume (used for sizing of compressors) is the volume at normal atmospheric pressure.



## Vacuum plant – Arrangement

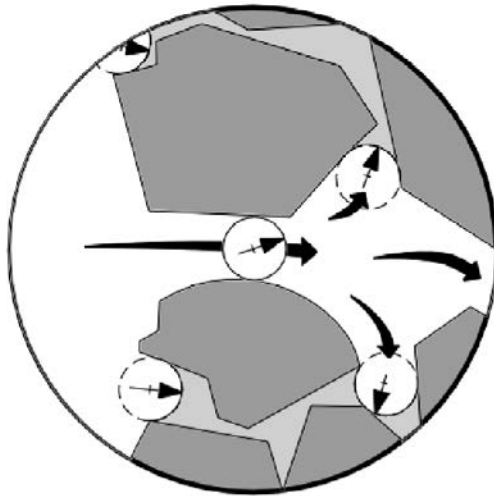


- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1. Vacuum receiver  | 6. Filtrate pump                                |
| 2. Moisture trap*   | 7. Floor drain                                  |
| 3. Vacuum pump      | <i>For plants without filtrate pump also:</i>   |
| 4. Liquid separator | 8. Drain line from vacuum tank (barometric leg) |
| 5. Silencer         | 9. Water lock                                   |
|                     | 10. Non-return valve                            |

\* Normally used for aggressive filtrates only.

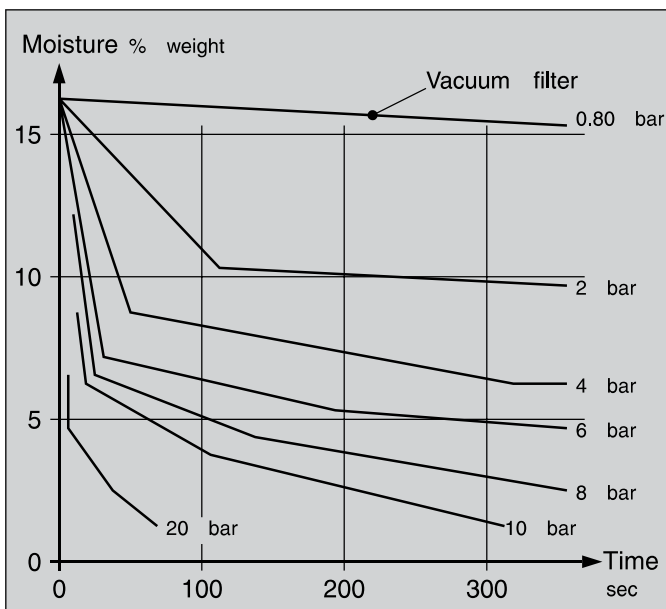
## Vertical plate pressure filter – Introduction

The pressure filter model VPA is of “medium pressure” type operating in the pressure range of 6 –10 bar. The machine mainly relies on the “air through blow” dewatering concept, whereby water is displaced by air as it passes through a filter cake.



*Air penetration through a pore system*

The driving force of this filtration method is the pressure differential across the cake. A higher pressure drop will give a faster dewatering rate and a lower residual moisture, as smaller voids are emptied from liquid.



### Vertical plate pressure filter – Design



- **VPA = Vertical Pressure Filter Air through blow**
- Lightweight polypropylene filter plates are mounted on a bolted steel frame and are moved by hydraulic cylinders
- Adjacent “filter and compression” plates form a filtration chamber. The filter cloths hang between each pair of plates. Rubber membranes are protected by the filter cloth thereby reducing wear.
- By mounting the filter on a load cell system the filtration cycle is monitored and controlled.
- Chambers are top fed for optimum filling. Two sided filtration speeds up the “filling” cycle.
- Openings for pulp, water and air are generously dimensioned to reduce energy losses and wear
- Service and maintenance requirements are low. The VPA design facilitates easy cloth changing.
- Air blow pressure 5 – 8 bar (73 –116 psi). Membrane pressure 8 – 10 bar (116-145 psi)

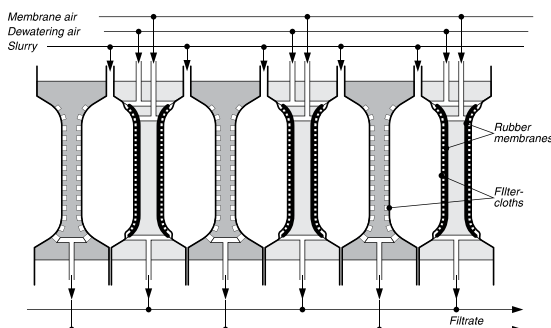
### Pressure filter VPA – Operation

#### Pretreatment

For optional results of filter operation the pulp fed to the machine should be as high in solids as possible.

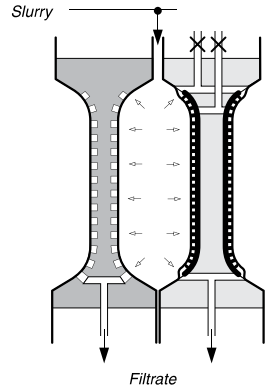
#### Dewatering cycle

##### Start position



## Step 1 – Filtration

Slurry is pumped into the filter chambers and the filtrate is expelled.

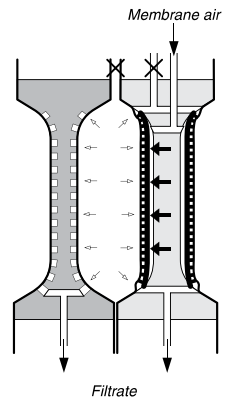


## Step 2 – Compression

in which the rubber membrane in each chamber is activated and the filter cake is compressed (densely packed).



**Dense cake formation avoids unnecessary leakage of air during subsequent drying.**

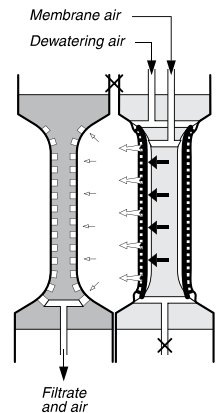


## Step 3 – Air drying

Compressed air is forced through the filter cake driving out more liquid.



**The rubber membrane remains activated throughout this cycle to counteract cracking of the shrinking cake.**



These are the dewatering steps. In cases when throughblow is not applicable and filter is used for compression, only step 1 and 2 are used.

## Service cycle

In addition to the above dewatering steps the complete process includes a number of so called service steps.

### Step 4 – 9 – Service cycle

4. Opening cake discharge doors
5. Opening the filter, discharging the filter cakes
6. Vibrating the filter cloths (discharge control)
7. Closing the cake discharge doors
8. Rinsing the filter cloths
9. Closing the filter

### **Pressure filter – Sizes**

The VPA pressure filter is available in 3 chamber sizes:

VPA 10 with chamber dimensions (outer) of 10 x 10 dm (max 40 chambers)

VPA 15 with chamber dimensions (outer) of 15 x 15 dm (max 60 chambers)

VPA 20 with chamber dimensions (outer) of 20 x 20 dm (max 54 chambers)

### **Pressure filter VPA – Chamber data**

#### **Chamber area (working area)**

Chamber area VPA 10 = 0.65 m<sup>2</sup>/chamber (7 ft<sup>2</sup>/chamber)

Chamber area VPA 15 = 1.70 m<sup>2</sup>/chamber (18 ft<sup>2</sup>/chamber)

Chamber area VPA 20 = 3.90 m<sup>2</sup>/chamber (42 ft<sup>2</sup>/chamber)

**Filtration area** = 2 x chamber area (each chamber has double cloths and filtering takes place on both sides).

**Drying (or through blow) area** = chamber area (air enters from one side).

#### **Chamber volume**

VPA 1030 (32 mm chamber depth) = 20.0 litre (5 USG)

VPA 1040 (42 mm chamber depth) = 25.0 litre (7 USG)

VPA 1530 (32 mm chamber depth) = 55.0 litre (15 USG)

VPA 1540 (42 mm chamber depth) = 68.0 litre (18 USG)

VPA 2040 (42 mm chamber depth) = 169 litre (45 USG)

VPA 2050 (53 mm chamber depth) = 205 litre (54 USG)

#### **Chamber depth**

For VPA 10 and VPA 15 two chamber depths are available.

32 mm (1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" ) for fine particle dewatering (long cycle time)

42 mm (1<sup>3</sup>/<sub>5</sub>" ) for medium particle dewatering (normal cycle time)

VPA 20 can be supplied with two chamber depths 42 and 53 mm.  
(1<sup>3</sup>/<sub>5</sub>" , 2<sup>1</sup>/<sub>10</sub>" )

### **Pressure filter VPA – Nomenclature**

**VPA 1040-20** = Pressure filter type VPA with chamber dimensions 10 x 10 dm, chamber depth 40 mm and number of chambers 20.

See also data sheet 6:48 - 6:50.



## Pressure filter VPA – Sizing

We are using the cycle method:

### 1. Cake bulk weights

Specific dry weight of the filter cake inside each chamber is called the **cake bulk weight** (kg/liter or lb/ft<sup>3</sup>)

Approximate cake bulk weights ( $\rho_{\text{cake}}$ ) usually about 60% of specific gravity.

Material	kg/dm <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>
Cu-conc (80%-45 micron)	2.2	137
Pb-conc (80%-40 micron)	3.1	193
Zn-conc (80%-30 micron)	2.1	131
Magnetite conc. (80%-x micron)	3.0	187
Coal	0.9	56
Chalk	1.3	81

### 2. Plant capacity

By dividing the required throughput  $S$  (t/h or lb/h) with cake bulk weight the required cake volume per hour is obtained.  $V=S/\rho_{\text{cake}}$

### 3. Cycle time

Is calculated as the sum of

- Filtration
- Compression
- Washing
- Through blow (drying)
- Service time (discharge, washing and closing)

**Total cycle time  $t$  (min/cycle)**

Number of cycles per hour  $n = 60/t$ .

**Approximate cycle times (min)**

Application	$k_{80}$	$t$ min
Cu-conc	50	7
	15	11
Pb-conc	40	7
	20	9
Zn-conc	40	7
	20	9
Magnetite	40	5
Flotation tailings	36	8 - 20

### 4. Filter volume

The required volume per cycle equals required filter volume.

Filter volume =  $V / n = (S \times 1000 \times t) / (\rho_{\text{cake}} \times 60)$  liter

## Upgrading

**Ex. A zinc concentrate should be dewatered to 8% H<sub>2</sub>O.**

The capacity is 12 t/h (dry solids) and  $k_{80}$  35 mm.

1. Cake bulk weight  $\rho_{\text{cake}} = 2.1$  (from table).
2. Plant capacity  $V = 12 / 2.1 = 5.7 \text{ m}^3/\text{h}$
3. Cycle time  $t = 8$  min. (estimated from table).  
Cycles per hour  $n = 60 / 8 = 7.5$
4. Filter volume  $V / n = (5.7 \times 1\,000) / 7.5 = 760 \text{ l}$

**Select VPA-1040-32 (800 l)**

### Pressure filter VPA - Moisture in filter cake

Following approximate moistures in the dewatered cakes (using 6 bar air blow pressure) can be expected.

Material	Moisture % H <sub>2</sub> O by weight
Cu-conc medium (80% - 45 $\mu\text{m}$ )	7.0 - 8.0
Cu-conc fine (80% - 15 $\mu\text{m}$ )	9.0 - 11.0
Pb-conc medium (80% - 40 $\mu\text{m}$ )	5.0 - 6.0
Zn-conc. medium (80% - 30 $\mu\text{m}$ )	8.0 - 9.0
Pyrite conc. coarse (80% - 60 $\mu\text{m}$ )	5.0 - 6.0
Hematite conc. medium (80% - 40 $\mu\text{m}$ )	10 - 12
Magnetite medium (80% - 40 $\mu\text{m}$ )	6.0 - 8.0
Calcite conc. fine (80% - 8 $\mu\text{m}$ )	12.0 - 15.0
Mineral tailings (0 - 500 $\mu\text{m}$ )	15 - 20

### Pressure filter VPA - Compressor sizing

Compressed air for pressure filters are calculated as

**“Normal cubic meters of free air at normal temperature and atmospheric pressure required per m<sup>2</sup> of filter area per minute”.**

Requirement of compressed air (throughblow) at end of drying

Particle size	Compressed air	
	(Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /min)	(ft <sup>3</sup> /ft <sup>2</sup> /min)
Mineral concentrates 80 % passing 30 $\mu\text{m}$	0.4	1.3
Mineral concentrates 80 % passing 40 $\mu\text{m}$	0.5	1.6
Mineral concentrates 80 % passing 50 $\mu\text{m}$	0.6	2.0
Mineral concentrates 80 % passing 80 $\mu\text{m}$	0.9	2.9
Mineral tailings 0-500 $\mu\text{m}$	0.4	1.3

**Ex. A fine Cu-conc requires 0.5 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min for drying to requested moisture. A filter of type VPA 15-40 will be used.**

*Air consumption  $0.5 \times 40 \times 1.7 = 34 \text{ Nm}^3$  per min.*

*“Select a suitable compressor”. see below.*

*Atlas Copco 38.7 Nm<sup>3</sup>/min. installed power 250 kW (50 Hz).*

*Atlas Copco 37.8 Nm<sup>3</sup>/min. installed power 285 kW (60 Hz).*

**Pressure filter VPA – Compressor power**

(Table below shows Atlas Copco medium pressure water-cooled two-stage screw compressors (oil free), unload pressure 8 bar (50 Hz) 8.6 bar (60 Hz).

Model (50 Hz)	Capacity		Installed power		Model (60 Hz)	Capacity		Installed power	
	(Nm <sup>3</sup> /min)	(ft <sup>2</sup> /min)	(kW)	(hp)		(Nm <sup>3</sup> /min)	(ft <sup>3</sup> /min)	(kW)	(hp)
ZR3-50	11.0	389	75	100	ZR3-60	12.7	449	104	139
51	13.6	480	90	120	61	15.8	558	127	170
52	16.6	586	110	147	62	19.1	675	148	198
53	19.5	689	132	177	63	22.5	795	180	241
54	22.4	791	160	215	ZR4-60	24.6	869	184	246
ZR4-50	25.1	887	160	215	61	30.8	1 088	230	308
51	30.7	1 085	200	268	62	37.8	1 335	285	382
52	38.7	1 367	250	335	ZR5-60	44.6	1 576	285	382
ZR5-50	46.4	1 639	315	422	61	51.0	1 802	360	483
51	50.3	1 777	315	422	62	56.6	2 000	405	543
52	61.3	2 166	400	536	63	60.9	2 152	405	543
53	68.9	2 434	450	603	ZR6-60	76.2	2 692	–	–
ZR6-50	79.8	2 819	–	–	61	88.2	3 116	–	–
51	100.5	3 551	–	–	62	102.0	3 604	–	–
52	112.5	3 975	–	–	63	102.8	3 632	–	–

**Pressure filter VPA – Feed pump selection (guidance only)**

For VPA 10, choose 4" slurry pump

For VPA 15, choose 6" slurry pump

For VPA 20, choose 8" slurry pump

**Pressure filter VPA - Feed pump power (approximate)**

VPA 10-8 to VPA 10-20	55 kW	74 hp
VPA 10-22 to VPA 10-40	75 kW	100 hp
VPA 15-10 to VPA 15-20	75 kW	100 hp
VPA 15-22 to VPA 15-60	132 kW	177 hp
VPA 20-10 to VPA 20-20	160 kW	215 hp
VPA 20-22 to VPA 20-60	200 kW	268 hp

### Pressure filter VPA - Product system

In a complete dewatering plant the compressed air filter is only one part of what we call the VPA system.

The VPA system consists of the following equipment:

**Thickener** to feed the filter with correct pulp density. (1)

**Buffer tank** for deaeration and pulp density control prior to pump feeding. (2)

**Slurry pump** for feeding during the filtration cycle. (3)

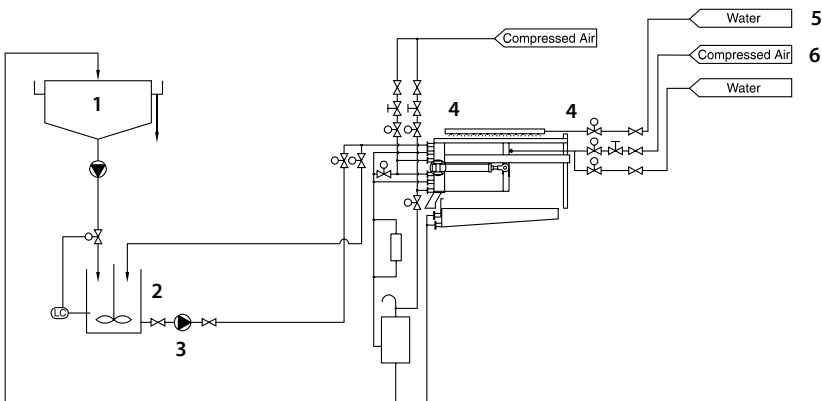
**Valves** for pulp, water and air. (4)

**Rinse water system** for the filter cloths. (5)

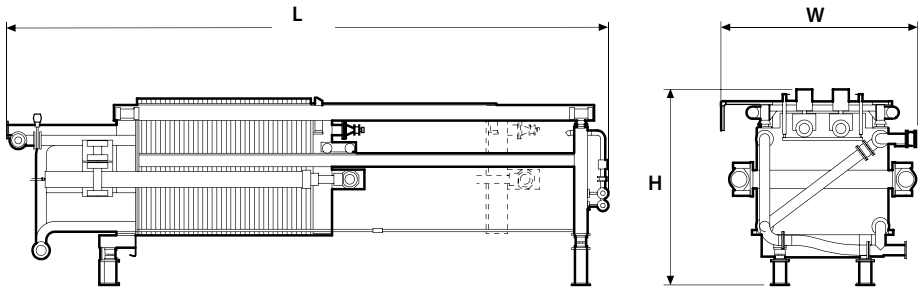
**Weighing system** for optimization of the operational parameters of filtration, compressed air drying, etc.

**Compressor** for compressed air supply. (6)

**Computer based control system** for operation and control of the filtration process.



Pressure filter – VPA 10



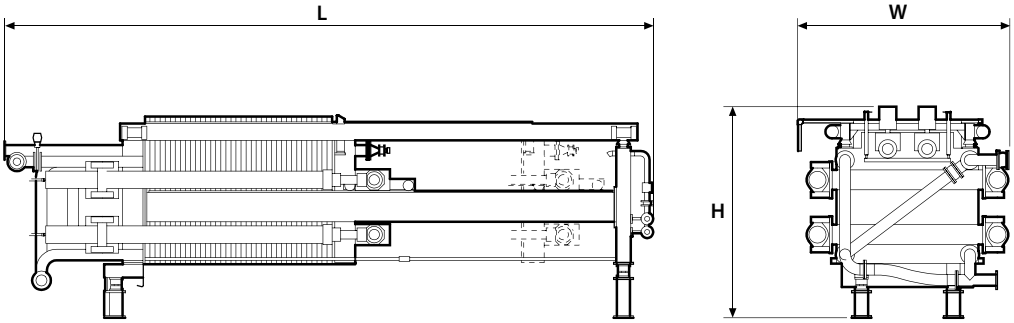
Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight (empty) ton	Power** (hydraulic motor)	
					high kW/hp	low kW/hp
VPA 10..-12*	2 310 (91)	5 500 (217)	2 750 (108)	7.2	22/30	11/15
VPA 10..-16	2 310 (91)	6 100 (240)	2 750 (108)	8.1	22/30	11/15
VPA 10..-20	2 310 (91)	6 700 (264)	2 750 (108)	9.0	22/30	11/15
VPA 10..-24	2 310 (91)	7 300 (287)	2 750 (108)	10.0	22/30	11/15
VPA 10..-28	2 310 (91)	7 900 (311)	2 750 (108)	11.8	22/30	11/15
VPA 10..-32	2 310 (91)	8 500 (335)	2 750 (108)	12.9	22/30	11/15
VPA 10..-36	2 310 (91)	9 100 (358)	2 750 (108)	14.0	22/30	11/15
VPA 10..-40	2 310 (91)	9 700 (382)	2 750 (108)	15.1	22/30	11/15

\* 1012, 10 = filter chamber size 10x 10 dm (40x40 inch), 12 = number of chambers

\*\* High kW/hp = low pressure stage, Low kW/hp = high pressure stage

Upgrading

**Pressure filter – VPA 15**

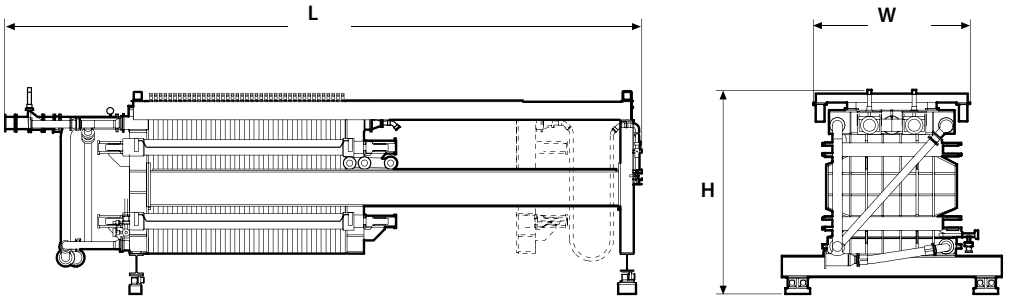


Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight (empty) ton	Power** (hydraulic motor)	
					high kW/hp	low kW/hp
VPA 15..-16*	3 160 (125)	7 600 (299)	3 800 (150)	24.7	45/60	22/30
VPA 15..-20	3 160 (125)	7 900 (311)	3 800 (150)	26.1	45/60	22/30
VPA 15..-24	3 160 (125)	8 500 (335)	3 800 (150)	27.5	45/60	22/30
VPA 15..-28	3 160 (125)	9 100 (358)	3 800 (150)	28.9	45/60	22/30
VPA 15..-32	3 160 (125)	9 700 (382)	3 800 (150)	31.2	45/60	22/30
VPA 15..-36	3 160 (125)	10 300 (406)	3 800 (150)	32.0	45/60	22/30
VPA 15..-40	3 160 (125)	10 900 (429)	3 800 (150)	33.2	45/60	22/30
VPA 15..-46	3 160 (125)	11 800 (465)	3 800 (150)	34.3	45/60	22/30
VPA 15..-50	3 160 (125)	12 400 (488)	3 800 (150)	37.5	45/60	22/30
VPA 15..-54	3 160 (125)	13 100 (516)	3 800 (150)	39.2	45/60	22/30

\* 1516, 15 = filter chamber size 15x 15 dm (60x60 inch), 16 = number of chambers

\*\* High kW/hp = low pressure stage, Low kW/hp = high pressure stage

**Pressure filter – VPA 20**



Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight (empty) ton	Power** (hydraulic motor)	
					high kW/hp	low kW/hp
VPA 20..-20*	4 580 (180)	10 203 (402)	4 250 (167)	56.0	75/100	30/40
VPA 20..-24	4 580 (180)	11 000 (433)	4 250 (167)	59.2	75/100	30/40
VPA 20..-28	4 580 (180)	11 800 (465)	4 250 (167)	62.4	75/100	30/40
VPA 20..-32	4 580 (180)	12 600 (496)	4 250 (167)	65.6	75/100	30/40
VPA 20..-36	4 580 (180)	13 400 (528)	4 250 (167)	68.8	75/100	30/40
VPA 20..-40	4 580 (180)	14 200 (559)	4 250 (167)	72.0	75/100	30/40
VPA 20..-46	4 580 (180)	14 800 (583)	4 250 (167)	76.8	75/100	30/40
VPA 20..-50	4 580 (180)	15 600 (615)	4 250 (167)	80.0	75/100	30/40

\* 2020, 20 = filter chamber size 20x 20 dm (80x80 inch), 20 = number of chambers

\*\* High kW/hp = low pressure stage, Low kW/hp = high pressure stage

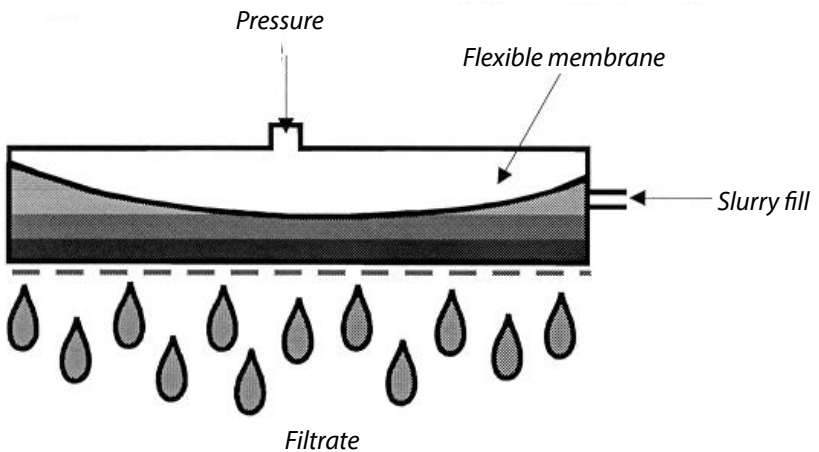
Upgrading

### Tube press – Introduction

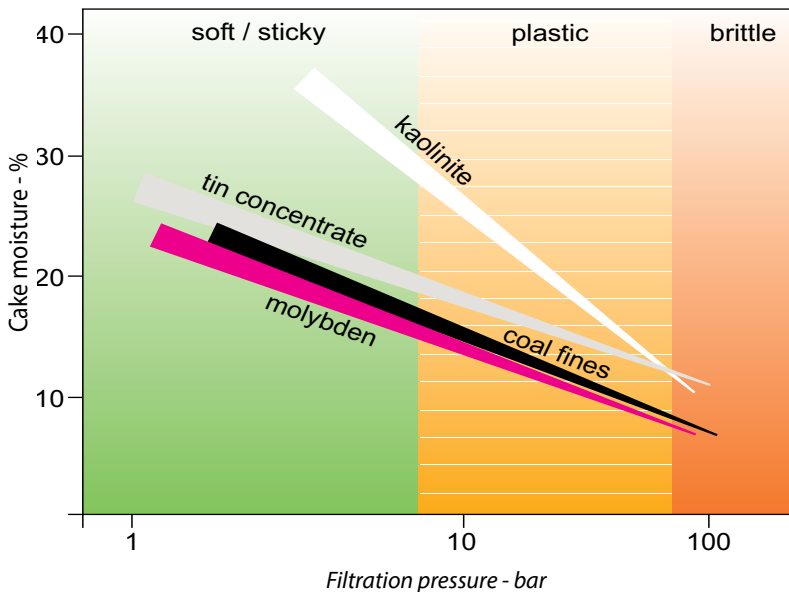
As particles continue to get even finer, "low pressure dewatering" is not longer enough to overcome the strong capillary forces in the particle binding to liquid. To overcome this powerful binding with mechanical dewatering, the pressure has to be increased.

The tube press is special designed to operate at high pressure in applications where the process requires pressure up to 100 bar.

The tube press is a variable volume filter using flexible membrane to apply high pressure mechanical compression to the slurry that is dewatered.



By applying a higher pressure or "driving" force to the filtration process a drier filter cake with better handling characteristics can be produced.

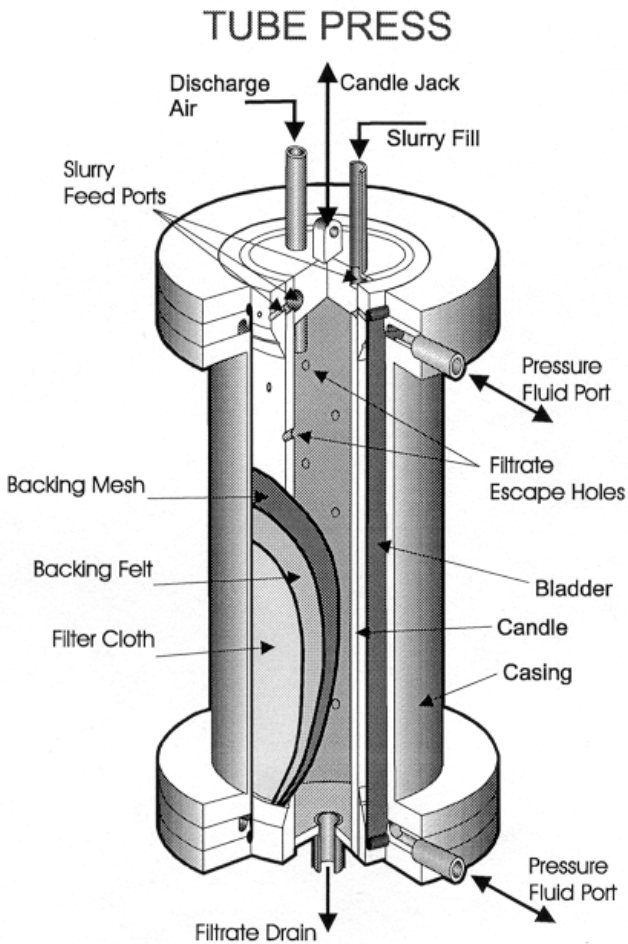


The tube press operates at pressures of up to 100 bar (1 450 psi) and was originally developed for dewatering of fine Kaolin slurries. It has since been applied to a variety of difficult filtration operations.



## Tube press – Design

- The outer casing has a flexible membrane (bladder) fastened at each end
- The inner candle has a filter media around its outer surface
- The candle has a series of filtrate drain holes around its circumference
- The feed slurry enters the tube press through the feed ports
- Fluid is pumped into and out of the unit through the pressure ports to create the filtration pressure
- The filtrate drains away through the drain pipe



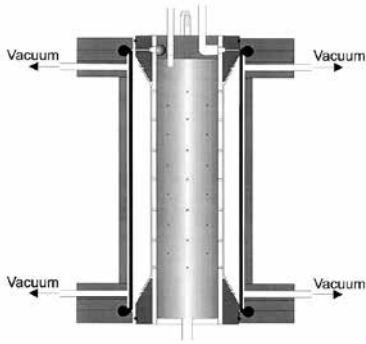
## Upgrading

### Tube press – Operation

#### The filtration cycle

##### Step 1 – Starting cycle

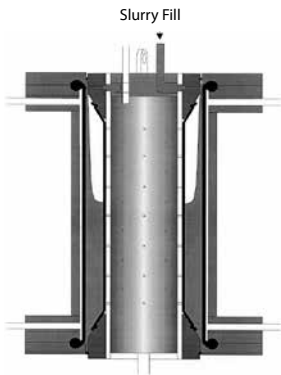
The tube press will start each cycle empty.



- The candle is in the closed position
- Hydraulic vacuum is applied
- The Bladder is pulled back against the casing

##### Step 2 – Slurry fill

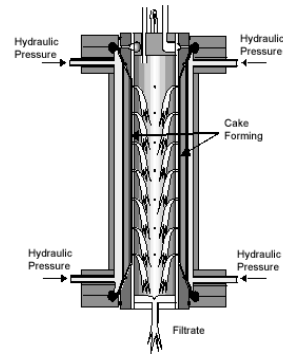
The tube press is then filled with the feed slurry.



The slurry enters the tube press through the porting in the top of the candle and fills the annular space between the filter and the bladder.

##### Step 3 – Pressure phase

The filtration is applied by pumping a fluid, usually water, into the tube press through the pressure ports.

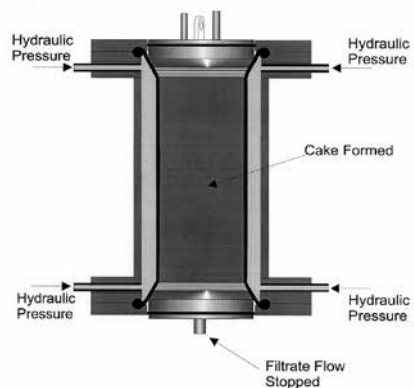


- The pressure water pushes the Bladder squeezing the slurry against the filter cloth
- The filtrate passes through the filter cloth and runs to drain
- The solids are held by the filter cloth forming a cake

In order to take advantage of the faster filtering which occurs in the early stages and to take any slack in the system, the pressure is initially applied at low pressure/high volume. At the appropriate point high pressure water is applied.

##### Step 4 – Filtration complete

Eventually the stage is reached where no further filtration will take place.

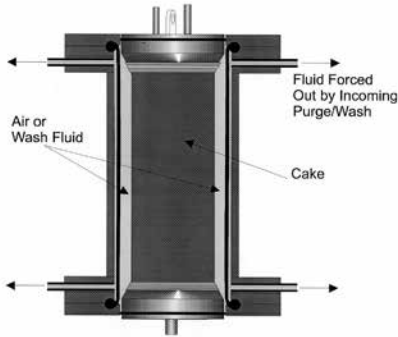


- Cake will be formed
- Filtrate will no longer flow

The next step in the process will depend on whether the cycle will include the air purging or washing of the cake. If air purge or cake wash is required then the next stage will be step 4. If not the next stage will be step 6.

**Step 5 – Air purge / Cake wash**

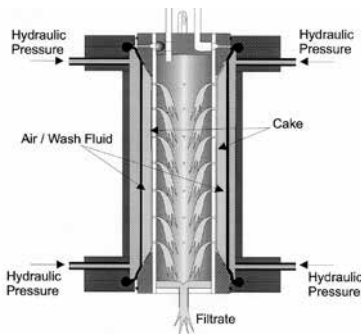
If it is necessary to treat the cake by air purging or washing, the following is carried out:



- The pressure fluid is forced out of the tube press by the incoming air or wash fluid
- The pressure fluid is restricted by a flow restrictor in order that the internal pressure in the Tube is maintained. This is necessary to ensure that the cake does not fracture

**Step 6 – Repeat high pressure**

Once the tube press unit has been filled with air or wash fluid the hydraulic high pressure is reapplied.

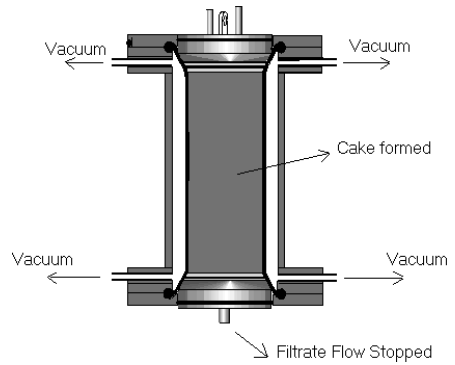


- Air purge:
  - The air will force further filtrate from the cake resulting in a drier cake
  - The wash fluid may also be used to remove soluble materials from the cake

It is possible to carry out multiple air purges or cake washers

**Step 7 – Vacuum**

When the final high pressure stage is completed it is necessary to enter the discharge sequense.

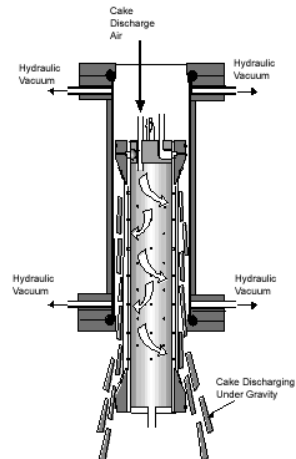


- The hydraulic vacuum draws the pressure fluid out of the tube press, pulling the Bladder away from the cake
- The bladder is pulled tight against the casing wall

To ensure the bladder is fully against the Casing wall and away from the candle the system is equipped with a vacuum detector which will give a “proceed” signal when the appropriate level of vacuum is reached.

**Step 8 – Discharge**

When the vacuum level has been achieved the discharge will proceed.



- Candle is lowered
- Air is blown into the candle expanding the filter cloth which in turn fractures the cake which drops under gravity

- The candle then returns to the closed position
- For cakes which are reluctant to discharge, the system allows for multiple candle movements
- The candle returns to the closed position to commence the next cycle
- The system will check that the tube is empty and if so the next cycle will commence
- Should the system detect that more than a set amount of cake is retained then the tube press will be parked and the alarm sound

### ***Tube press – Examples of applications***

#### **MINERALS**

- Kaolin
- Calcium Carbonate (including ground calcium carbonates)
- Clays (other than Bentonitic types)
- Seawater Magnesia
- Steel making Sludges (BOF sludge)
- Titanium Dioxide
- Iron Oxide
- Molybdenum
- Copper Concentrate
- Zinc oxide
- Lime
- Gypsum
- Tin Concentrate
- Underground water at precious metal mines

#### **CHEMICALS**

- Tri-Calcium Phosphate
- Di-Calcium Phosphate
- Copper Pyro-Phosphate
- Calcium Hypochlorite

#### **EFFLUENTS**

- Titanium Dioxide wastes
- Fluoritic muds
- Spent bed slurry

#### **OTHERS**

- Pharmaceuticals
- Sugar refining carbonates
- Pigments
- Yeasts
- Waxes (in oil production)



**The following materials are not suited for dewatering in a tube press**

- Fibrous materials (sewage, water treatment sludges, pulp & paper, fruit)
- Oily materials (oil contaminated muds, scrap effluents)
- Very dilute slurries
- Bentonite type clays
- Rubber wastes and latex materials
- Hot processes (>55-60°C, 130-140°F)

## Tube press – Material of construction

**Wetted parts** – All metallic components of the tube press which come into contact with the process slurry is made from duplex stainless steel.

**Casing** – The casing and non-wetted parts are generally made from carbon steel.

**Bladder** – Standard material is natural rubber. Other elastomers can be considered for special process applications.

**Filter cloth** – Selected against specific process requirements.

## Tube press – Sizes

The tube press 500 series is available mainly in two different sizes.

**500 series.** Casing diameter 500 mm. Nominal lengths available 1 500 mm and 3000 mm. Maximum pressure 100 bar (1 450 psi).

Model	500 Series 1.5 m	500 Series 3 m
Filtration pressure - max. (bar)	100	100
Length of candle (mm)	1 500	3 000
Candle diameter (mm)	389	389
Filter area (m <sup>2</sup> )	1.75	3.47
Effective volume (liters)	100	200
Candle weight (kg)	580	1 100
Total weight (kg)	2 000	3 000
Crane height (m)	6.17	9.17

See also data sheet 6:61

## Tube press – Sizing

The throughput for a tube press depends on:

- Cycle time
- Weight of each cake drop (chamber capacity)

### Typical cycle time without air-purge

Low pressure hydraulics	0 – 5 sec.
Slurry fill	10 – 30 sec.
Low pressure hydraulics	10 – 30 sec.
High pressure hydraulics (100 bar)	60 – 360 sec.
(could be less than 60 sec. to more than 10 min.)	
Vacuum and discharge	45 – 90 sec.

**Total cycle time** *125 – 515 sec.*

### Cycle time with one air-purge

Low pressure hydraulics	0 – 5 sec.
Slurry fill	10 – 30 sec.
Low pressure hydraulics	10 – 30 sec.
High pressure hydraulics (100 bar)	30 – 180 sec.
<i>Air - purge I:</i>	
Air injection	30 – 60 sec.
High pressure hydraulics (25 bar)	60 – 360 sec.
Vacuum and discharge	45 – 90 sec.

**Total cycle time** *185 – 755 sec.*

## Upgrading

Second and third air-purge could be applied but are very seldom used.

Most effect is obtained with the first air purge, and the throughput for the press is reduced considerably with each air-purge applied.

A cycle incorporating cake wash would be similar to air-cycle above.

### *Tube press – Cycle times and cake moisture*

Typical cycle times and rest cake moisture:	time (sec)	moisture (%)
Fine coal. without air purge	220	23.0
Fine coal. with air purge	280	15.0
Zinc concentrate. without air purge	174	9.4
Zinc concentrate. with air purge	200	6.2
Zinc concentrate with air purge	273	13.2
Lead concentrate without air purge	297	12.1

### *Tube press – Capacity*

The amount of solids filled into the tube each cycle depends on optimal cake thickness, solids specific gravity, feed slurry density (cake build up) etc.

The capacity per unit (500 series) for some typical applications are given in following table:

Product	Slurry feed (% solids w/w)	Cake moisture (%)	Output/Tube 3m	
			(kg/h dry)	(lb/h dry)
Tin concentrate	45	9.0	1 250	2 750
Coal fines	45	15.5	1 200	2 650
Copper fume	35	20.0	450	990
Copper supergene	60	11.5	1 300	2 900
Lead concentrate	60	7.0	2 250	5 000
Zinc concentrate	60	7.5	2 250	5 000
China clay filler	25	16.5	350	770
Iron oxide	55	20.0	1 500	3 300
Acid effluent	15	35.0	375	825
Sulphur effluent	20	35.0	415	910
Mixed sulphides	40	14.0	2 250	5 000

**Ex: Dewatering of 9.5 t/h (dry) tin concentrate (well thickened) in tube press.**

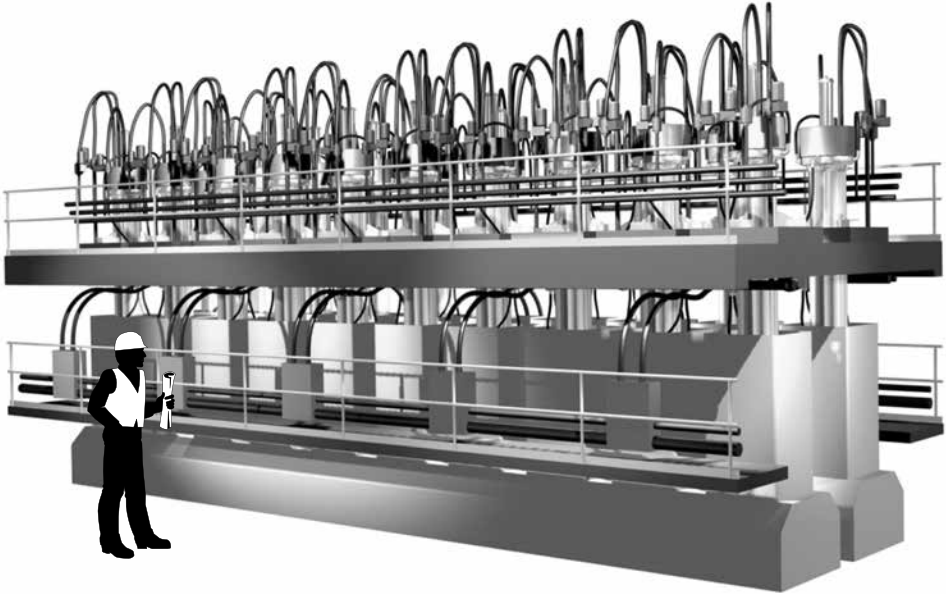
*Capacity per tube = 1250 kg/h (dry)*

*$9500/1250 = 7,6$*

*Select 8 tube presses type 500!*

## Tube press – Product systems

### Pump drive



A tube press plant will contain the appropriate number of tube units according to the overall capacity required.

The units are usually supplied and installed in modules. Each module consists of a support raft to take two tube units, complete with all local valving and service header pipework. The rafts are designed to be coupled to allow the tube units to be configured in single or double lines.

The support steelwork, ladders, walkways, etc., will be purpose designed to suit the installation.

The service ancillaries to operate the plant are usually supplied as independent skid mounted units and consist of the following

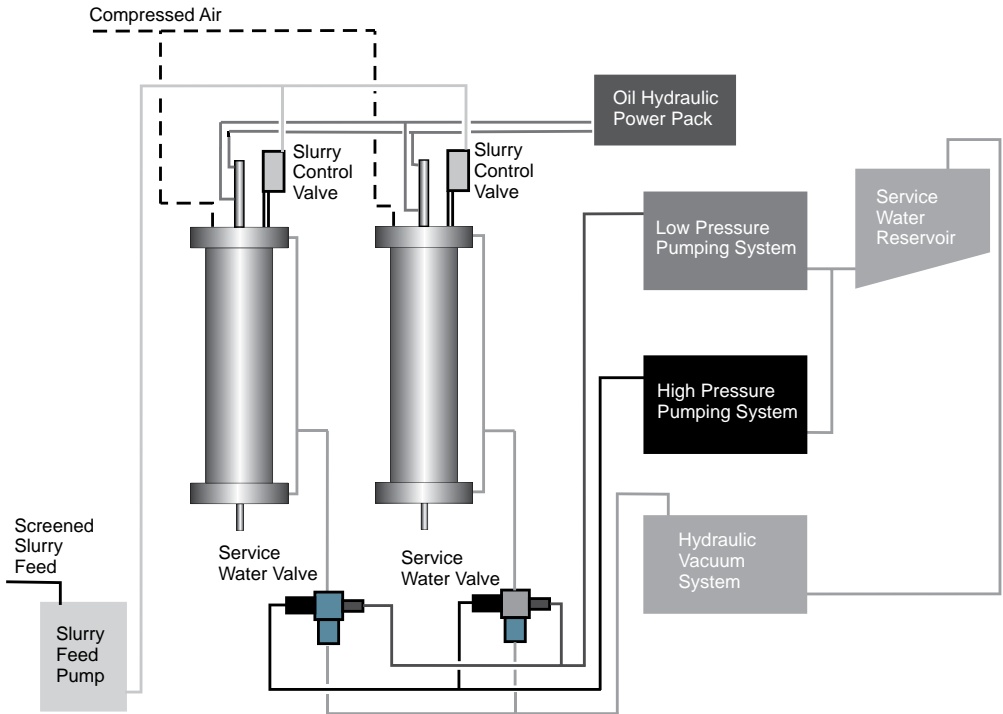
- Slurry pump set
- Low pressure filtration pump set
- High pressure filtration pump set
- Vacuum vessel and pump set
- Filtration fluid storage tank
- Oil hydraulic power pack (for candle movement at discharge)

The pipework and cabling to connect these items to the raft modules will be purpose designed to suit the installation.

The plant is controlled by a PLC based system which will normally incorporate full graphics and data storage/handling for optimum plant management.

## Upgrading

For the tube press to operate it requires an infrastructure of ancillary equipment to provide the necessary services. A general pump drive product system is shown below.



**These services are:**

- Slurry feed
- Filtration pressure system
- Low pressure
- High pressure
- Vacuum
- Candle jack hydraulics
- Oil hydraulic power pack
- Compressed air
- PLV based control system

### ***Tube press booster system***

The tube press booster is a compact intelligent dewatering system for small scale applications in mineral, chemical and pharmaceutical industries.

#### **“Compact filtration unit” / Booster system**

The booster is an individual drive system closely coupled with the tube press.

The installation is compact and combining one motor to generate the mechanical dewatering press force.

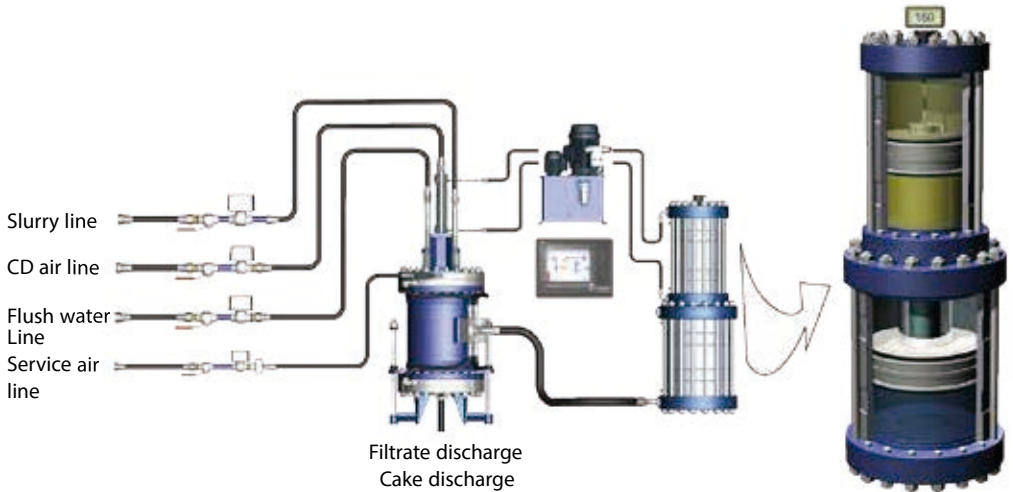
The system incorporates fully optimized control of the complete process, including feed back and statistical analysis of each press cycle.



## Mechanical description

The drive unit incorporates an oil hydraulic power pack and a booster. The oil driven hydraulic power pack provides the driving force, which is converted via the booster unit into a water based pressure medium.

The pressure and dewatering speed is controlled via the control system, which is constantly receiving feedback from sensors and a positional pump. This results in the ability to continuously increase the pressures matching the dewatering curve of the material.



## Control system

The tube press is operated from the operator's monitor located on the control panel.

The monitor is connected to a PLC that handles the control logics and interlockings.

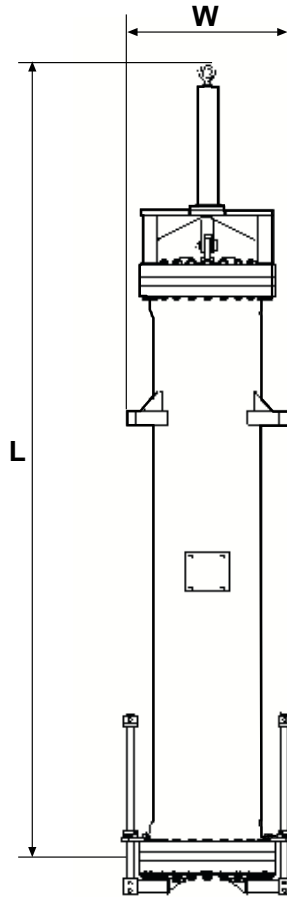
All process specific data and parameters can be set and adjusted from the monitor in the settings menu.

Cycle time, press weight, etc., are presented on the monitor.

## The booster system

Small to medium installation size  
installation advantages:

- Low cake moisture
- Excellent liquid/solid separation
- Compact design and is easy to install.
- Fully optimized control
- Useful quality production information and data exchange
- Easy to expand
- Few moving parts
- Increased efficiency by on line process control
- Environmental advantage by high grade of recovery
- Maximum energy exchange
- Closed media circuit
- Low installed power
- Maintenance friendly
- Fully automated

**Tube press**

Model	L mm (inch) tube length	W mm (inch)	Weight (empty) ton	Filter area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Max operating pressure bar (psi)
SC 500-1,2*	3 500 (138)	860 (34)	1.8	1.35 (14.5)	100 (1 450)
SC 500-1,5	3 800 (150)	860 (34)	2.0	1.73 (18.6)	100 (1 450)
SC-500-3,0	5 200 (205)	860 (34)	3.0	3,45 (37.1)	100 (1 450)

**Tube press booster**

Model	Tube chamber volume cm <sup>3</sup> (inch <sup>3</sup> )	Filter area m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Max. pressure bar (psi)	Installed power kW (hp)
SC 500-1,2*	75 (4.6)	1,35 (14.5)	100 (1 450)	7,5 (10)
SC 500-1,5	100 (6.1)	1,73 (18.6)	100 (1 450)	7,5 (10)
SC-500-3,0	200 (12.2)	3,45 (37.1)	100 (1 450)	11 (15)

\* Lab unit for special applications.

## ***Thermal processing – Introduction***

The level of dewatering that can be achieved through mechanical processes such as VPA's and tube presses is limited. If further upgrading is required, it must be achieved through thermal processing. Thermal processing is normally classified according to operating temperature.

### ***Thermal low (100 – 200° C)***

Used for drying – evaporating of liquids from solids - drying

Type of equipment

- Direct heat rotary dryers
- Indirect heat rotary dryers
- Steam tube dryers
- Indirect heat screw dryers (Holo-Flite®)
- Fluid bed dryers

### ***Thermal medium (850 – 950°C)***

Used for various calcining, clay swelling, limestone burning and foundry sand burn out

Type of equipment

- Direct heat rotary kilns
- Indirect heat rotary kilns
- Vertical kilns
- Fluid bed calciners

### ***Thermal high (1300 – 1400°C)***

Used for various calcining operations

Type of equipment

- Direct heat rotary kiln
- Travelling grate and straight grate induration furnaces

## ***Thermal processing – basics***

Thermal processing equipment is typically supplied as an integrated system consisting of:

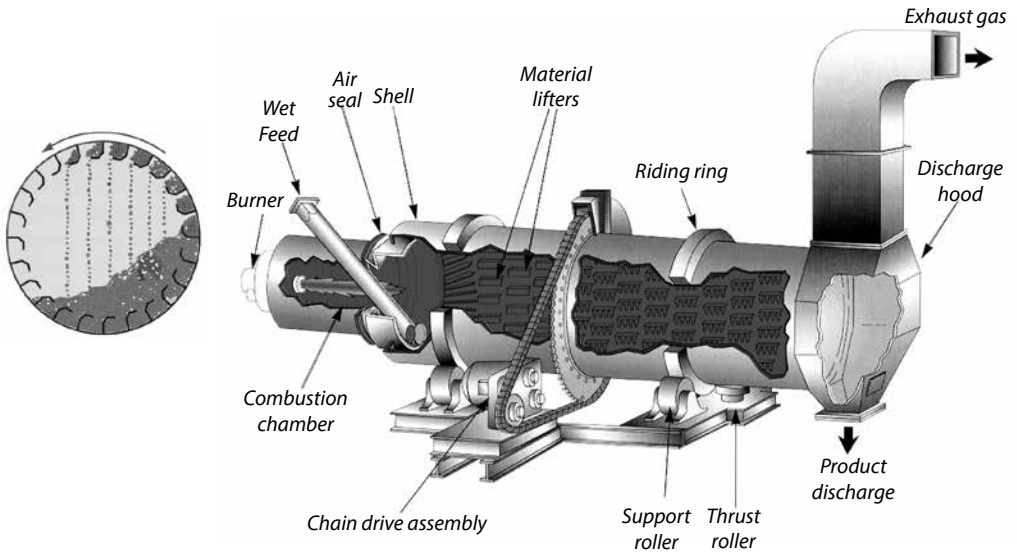
- Mechanical dryer or kiln, see above
- Feed and product handling equipment
- Combustion system (burner, fans, fuel system, etc.)
- Offgas handling equipment
- Dust collection system (wet or dry)
- Cooling system (optional)

For thermal processing systems, fuel consumption is one of the largest and most important Operational Expenses. It's therefore critical that systems are designed in a manner that optimizes the fuel efficiency and the overall heat balance.

As processing temperatures increase from the thermal low range to the thermal high range, there are more opportunities to conserve energy and recover heat. For instance, low temperature dryers are usually not insulated as they typically have insignificant energy losses to atmosphere. However, high temperature kilns are always refractory lined, not only to protect the mechanical parts from the high temperatures but also to reduce the energy losses through radiation to atmosphere. Additionally, the high temperatures in the product and off-gases of a kiln provide greater opportunity for heat recovery systems.

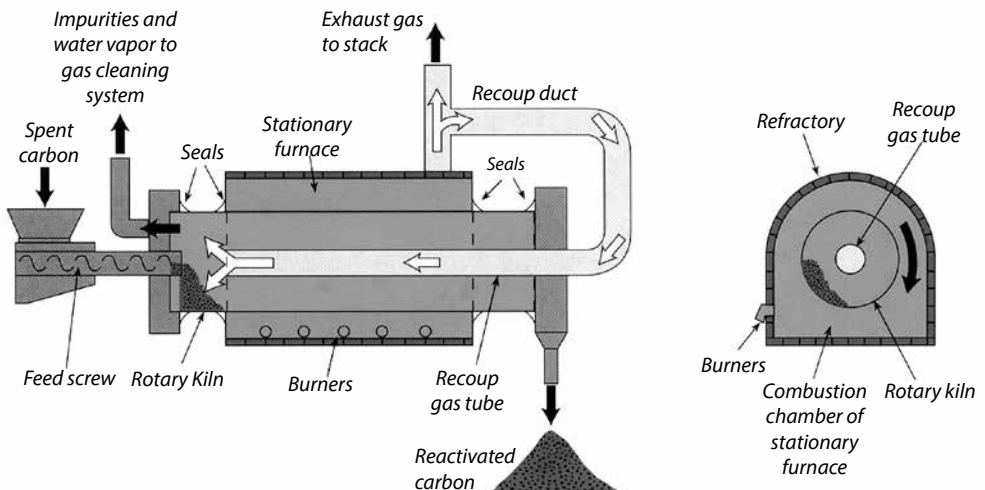
### Direct heat rotary dryer (Cascade type)

- Work horse of the mineral industry
- Wide range of internal designs for effective drying from start to end
- Special seals for closely controlled atmosphere
- Effective combustion and low maintenance burners, safe and reliable
- Diameter <math>0,5-7\text{ m}</math> (2 – 23 ft), length 6 – 55 m (70 – 180 ft). Feed rates from less than 1 ton to 1000 tons per hour
- Applications in minerals, clay, sand, aggregates, heavy chemicals and fertilizers



### Indirect heat rotary dryer (Kiln)

- Controlled environment interior excludes products of combustion
- Heat transfer by conduction and radiation
- Pulse-fired burners available
- Facilitates recovery of off-gases and product vapours
- Diameter 0,5m – 5,5 m (1.5-18 ft). Length 2.5 m to 28 m (8 – 90 ft).
- Applications in hazardous-, ultra fine- and combustible materials.
- Regeneration of active carbon, pyrolysis of waste rubber (car tyres), and plastics.

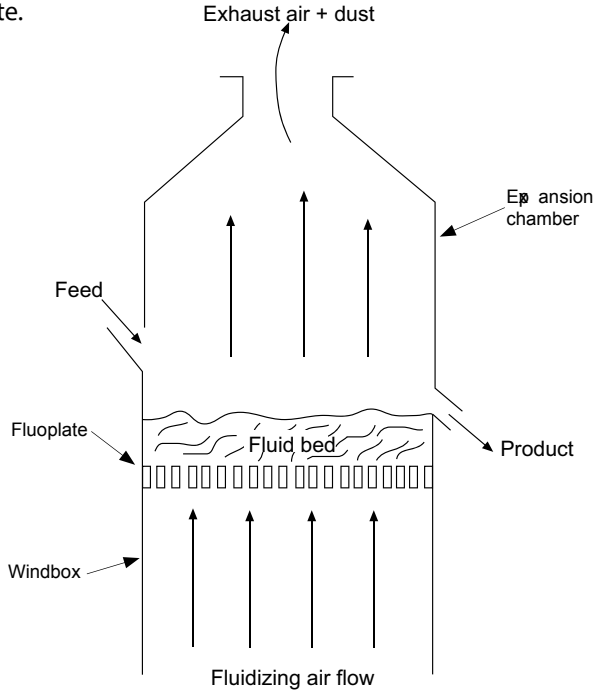


## Fluidized bed

### Principals

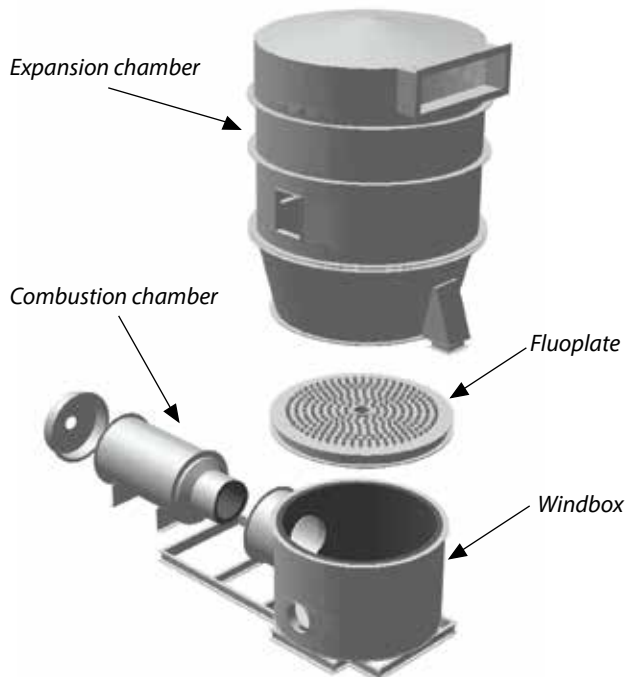
In a fluid bed, gases are forced from the windbox through a distributor plate, called the Fluoplate, which delivers the flow evenly to the particle bed and expansion chamber. As the flowrate of the gases is increased to achieve the fluidization velocity, the bed of particles expands and begins to behave very similarly to a fluid with all particles in motion.

Product is discharged from the fluid bed as it overflows a weir and spills down the product chute.



### Fluidized bed – key components

- Combustion chamber
- Windbox
- Fluoplate
- Expansion chamber



## Upgrading

### *Fluid bed – advantages*

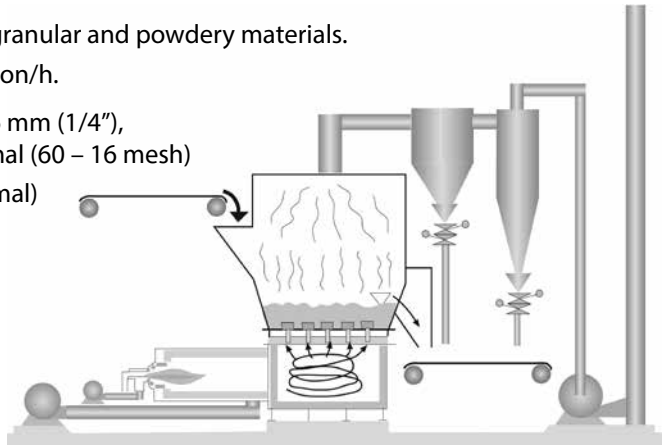
- A fluid bed behaves like a fluid allowing the use of equipment with no moving parts.
- The air/particle contact creates optimal heat and mass transfer
- Good agitation and mixing promotes consistent product quality

### *Fluid bed – applications*

- Drying with bed temperature 100°C (212°F), (main application area)
- Cooling with bed cooled by water pipes
- Calcining with bed temperatures of 750 – 1200°C (1 382°F – 2 192°F)
- Combustion at operating temperatures of 750 – 900°C (1 382°F – 1652°F), (solid fuels combusted within a sand bed)

### *Fluid bed dryer*

- For drying of most granular and powdery materials.
- Capacity up to 300 ton/h.
- Particle size minus 6 mm (1/4"), 0.25 – 1.0 mm optimal (60 – 16 mesh)
- Size range 6:1 (optimal)

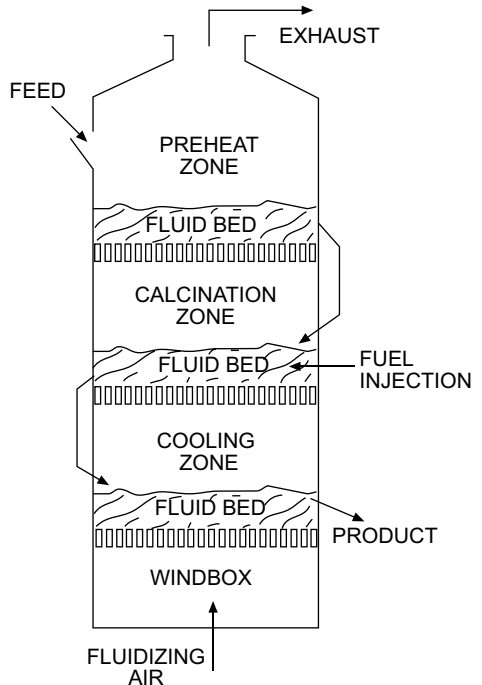


### *Fluid bed calciner*

#### **Operating temperatures 750 – 1200°C.**

At such temperatures fuel (gaseous, liquid or solid) is injected directly into the fluid bed.

Heat recovery is done by multistaging the product zones vertically. Calcination gases preheat the feed whilst a cooling zone cools the product and preheats the fluidizing air.



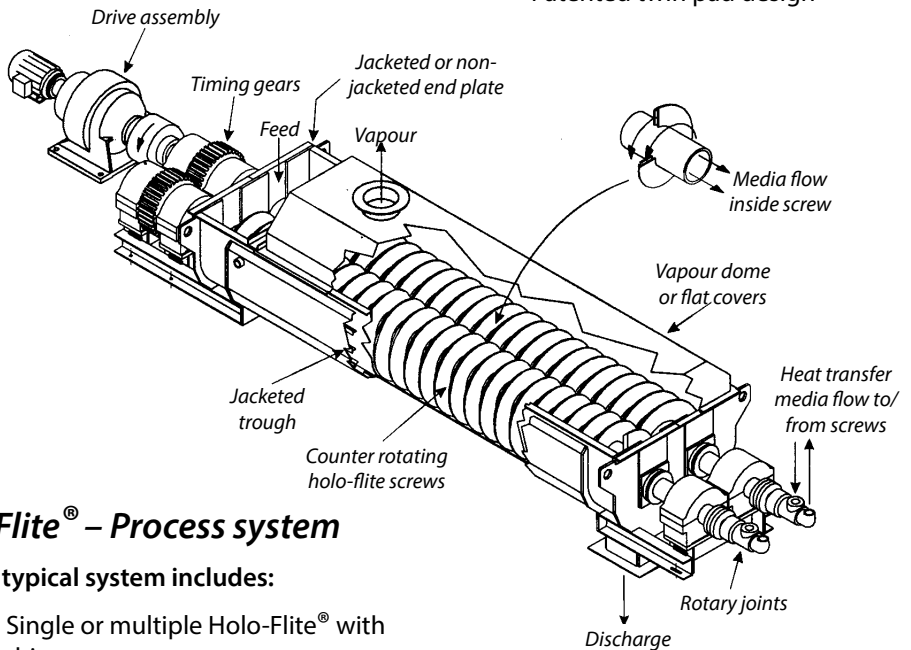
## Indirect heat screw dryer (Holo-Flite®)

### Operating principle

The principle for the Holo-Flite® dryer is the same as for the indirect heat rotary dryer (described earlier) with the difference that the product to be dried is continuously conveyed by means of the rotating screw flights. By controlling the temperature of the heat transfer medium and the screw speed the drying process can be closely controlled. Heat transfer medium is normally recirculated giving a high thermal efficiency. The design is very compact giving certain advantages in application layouts.

### Holo-Flite® – design

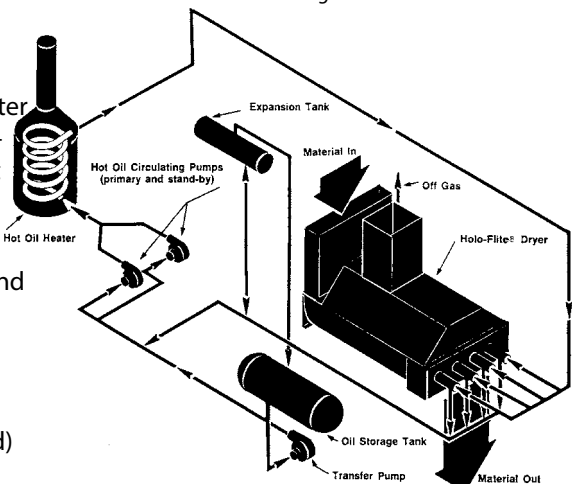
- Design can take up temperature variations 0 – 1200° C (30 – 2000° F)
- Construction material carbon steel, and various alloys as required by application for resistance to corrosion and abrasion.
- Screw diameter 178 – 915 mm (7 – 36”), 1,2 or 4 screws
- Concurrent or counter-current flow of heat transfer medium
- Patented twin pad design



### Holo-Flite® – Process system

A typical system includes:

- Single or multiple Holo-Flite® with drives
- Heat transfer medium supply
- Medium heating system (heater with control system, fuel storage and expansion tank, heat medium transfer pump, hot medium circulation pumps)
- Safety protection (sprinkler and nitrogen)
- Optional PLC controls
- Vapour exhaust fan
- Dust collector (when required)



### *Holo-Flite<sup>®</sup> – Heat transfer medium*

Steam (up to 10 bar)	100 – 200°C	200 – 400°F
Hot Oil	150 – 350°C	300 – 660°F

### *Holo-Flite<sup>®</sup> – applications*

Any material that can be successfully transported through a screw conveyor can also be thermally processed in a Holo-Flite<sup>®</sup>. The only restriction is with sticky materials that adhere and build up on the surface of the transporting flights. The maximum recommended particle size is 12mm (1/2").

The Holo-Flite<sup>®</sup> is an excellent fit for thermally processing materials such as:

- Coal fines
- Mineral concentrates (gold, silver, molybdenum, rare earths)
- Mineral fines
- Carbon black
- Iron powder
- Other valuable granular and powdery material

### *Holo-Flite<sup>®</sup> – sizing*

Holo-Flite<sup>®</sup> sizing is a complicated computer exercise that is normally based on laboratory or pilot test work

Some typical drying application figures:

<b>Limestone fines</b>	<b>12 t/h</b>	<b>15°C in</b>	<b>138°C out</b>
------------------------	---------------	----------------	------------------

Equipment used: one 4-screw machine, flight dia 600 mm (24"). Length 7.2m (24ft)

<b>Potassium chloride</b>	<b>9 t/h</b>	<b>0°C in</b>	<b>110°C out</b>
---------------------------	--------------	---------------	------------------

Equipment used: one 2-screw machine, flight dia 400 mm (16"). Length 6 m (20 ft)

See also data sheet 6:57.

## *Cooling technologies*

In most thermal medium and high processing applications the temperatures of discharged products are high. Coolers are used to lower the temperature for product handling equipment and also to recover heat.

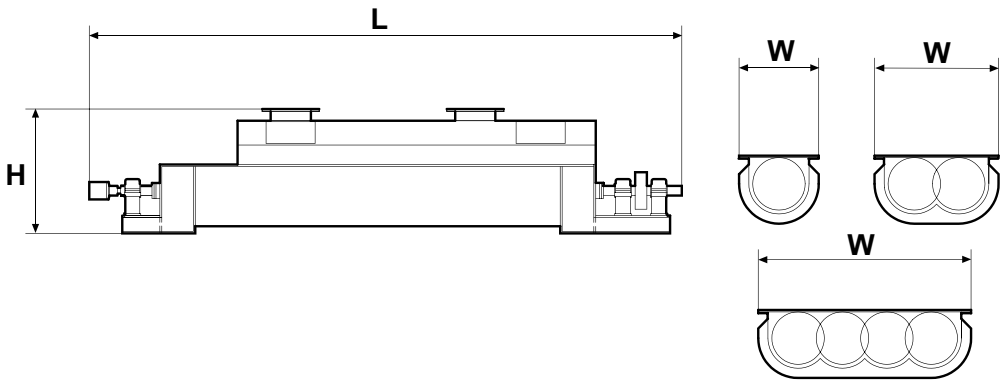
### *Rotary drum coolers*

Normally there are three basic designs:

- **Air swept coolers** built similar as a counter flow direct heat rotary dryer, where hot gasses are replaced with ambient air
- **Water cooled shell coolers** where the drum shell is cooled with water or is submerged in a pool of water.
- **Water tube coolers** in which heat is transferred from the material to water circulated through tubes inside the cooler.



**Indirect heat screw dryer – Holo-Flite®**



Model	H - overall mm (inch)	L - overall mm (inch)	W - overall mm (inch)	Weight empty tonnes	Power (typical) kW/hp
S0710-4*	335 (13)	4191 (165)	305 (12)	0,8	0.37/0.5
S0714-4	335 (13)	5410 (213)	305 (12)	1,0	0.37/0.5
D0710-4	335 (13)	4191 (165)	457 (18)	1,2	0.56/0.75
D0714-4	335 (13)	5410 (213)	457 (18)	1,5	0.75/1
S1210-5	565 (22)	4496 (177)	457 (18)	1,3	1.2/1.5
S1218-5	565 (22)	6934 (273)	457 (18)	1,9	2.2/3
D1210-5	565 (22)	4826 (190)	711 (28)	2,3	2.2/3
D1218-5	565 (22)	7264 (286)	711 (28)	2,5	3.7/5
S1614-6	635 (25)	6096 (240)	559 (22)	2,2	2.2/3
S1618-6	635 (25)	7315 (288)	559 (22)	2,5	3.7/5
D1614-6	635 (25)	6096 (240)	864 (34)	3,5	5.5/7.5
D1618-6	635 (25)	7315 (288)	864 (34)	4,5	7.5/10
S2414-6	881 (35)	6299 (248)	762 (30)	3,5	3.7/5
S2424-6	881 (35)	9347 (368)	762 (30)	5,5	5.5/7.5
D2414-6	881 (35)	6706 (264)	1219 (48)	6,5	7.5/10
D2424-6	881 (35)	9754 (384)	1219 (48)	9,5	11/15
Q2418-6	881 (35)	7925 (312)	2159 (85)	15,0	15/20
Q2424-6	881 (35)	9754 (384)	2159 (85)	20,0	22/30
S3022-7	1092 (43)	8941 (352)	965 (38)	7,5	5.5/7.5
S3028-7	1092 (43)	10770 (424)	965 (38)	13,0	7.5/10
D3022-7	1092 (43)	9423 (371)	1600 (63)	16,5	11/15
D3028-7	1092 (43)	11252 (443)	1600 (63)	26,0	15/20
Q3022-7	1092 (43)	9423 (371)	2870 (113)	33,5	22/30
Q3028-7	1092 (43)	11252 (443)	2870 (113)	42,0	30/40
S3622-8	1321 (52)	9017 (355)	1092 (43)	17,0	7.5/10
S3628-8	1321 (52)	10846 (427)	1092 (43)	21,0	11/15
D3622-8	1321 (52)	9525 (375)	1803 (71)	25,5	15/20
D3628-8	1321 (52)	11354 (447)	1803 (71)	32,0	18.5/25
Q3622-8	1321 (52)	9525 (375)	3226 (127)	50,5	30/40
Q3628-8	1321 (52)	11354 (447)	3226 (127)	63,0	37/50

\*S 710 - 4, S = single screw, 7 = screw diameter, inch, 10 = screw length 10ft, - 4 = screw pitch 4 inch  
 D = double screw, Q = Quadruple screw

## Upgrading

### Fluid bed coolers

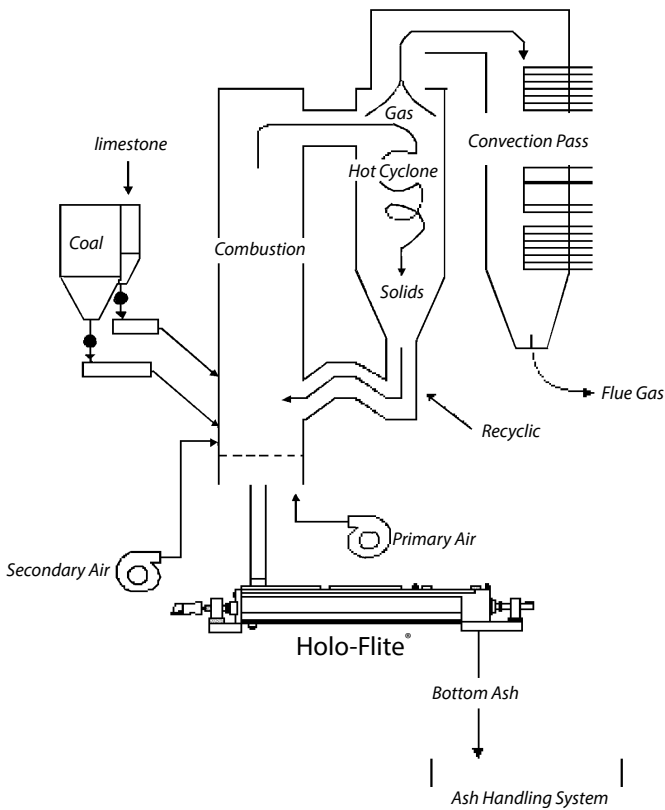
The principles of fluid bed can be used also for cooling purposes. In this case the fluid bed is cooled by the fluidizing air and internal water pipes.

### Holo-Flite® coolers

The Holo-Flite® is most often used for cooling applications. In these cases, the cooling medium circulating through the screw is water or a water/glycol mixture. Since the design of the screw permits very high feed temperatures, and due to its vertically compact profile, the Holo-Flite® is a perfect fit for boiler bottom ash cooling applications.

### Ash cooling

Circulating fluidized bed boiler



### Coolers and heat recovery

Rising fuel prices and heightened awareness of environmental issues drive an ever increasing demand for energy efficiency in thermal processing systems.

The most energy efficient systems usually incorporate heat recovery that makes valuable use of the energy released from product cooling.

## Iron ore pelletizing

### *What is iron ore pelletizing? Purpose and use of iron ore pelletizing*

Pelletizing is the process through which iron ore fines are transformed into an agglomerated form called “iron ore pellets” suitable for use in an iron-making furnace such as a blast furnace or electric arc furnace. Each iron making furnace has specific iron ore pellet chemistry requirements that govern the design criteria of an iron ore pelletizing plant. In its end product form, a typical iron ore pellet is roughly spherical in shape, measuring from six mm to sixteen mm in diameter and having a crushing strength of over 200 Kg, although some variations in these typical parameters can be specified and targeted in the design process.

Under the iron ore pelletizing process, finely ground iron ore is slightly moistened and mixed with a binder. This mixture is continuously fed to a balling disc or drum that forms spheres from the ore fines. The spheres, prior to firing, are called green pellets. Upon discharge from the balling apparatus, the green pellets are separated according to size. Those within the desired size range are transported and fed into an indurating process where they are hardened (indurated) by baking in an oxidizing atmosphere. Off-size pellets are recycled back through the process. The indurating is carried out in a high temperature furnace designed and optimized to achieve the required pellet chemistry. In the final form, the finished pellet product is commonly called “fired pellets” indicating that they have been indurated and hardened. After the pellets are indurated, the fired pellets are transported and screened as necessary to the size required by the customer.

The chemistry, physical properties and metallurgical properties of the fired pellets can be adjusted to suit the end use (iron making furnace) by combining the fine ore mixture with various additives prior to firing. The temperature profile of the indurating furnace can also be adjusted to influence the physical and metallurgical properties of the fired pellets over a wide range.

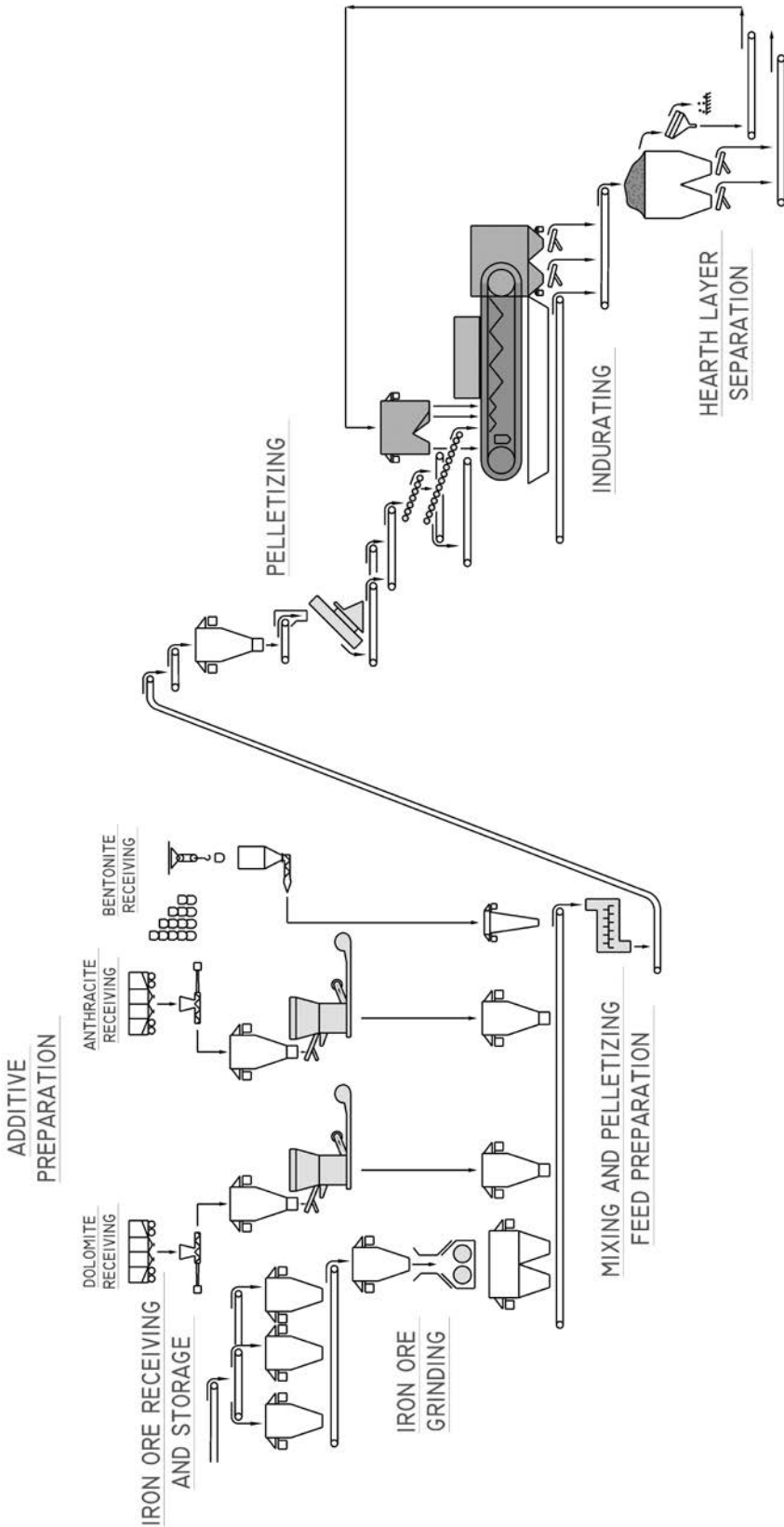
Modern plants can be designed to produce in excess of 7 million metric tonnes per annum of fired pellets depending on the design requirements and indurating process employed.

### *Typical unit operations for iron ore pelletizing*

An iron ore pelletizing plant is typically comprised of a series of unit operations in a specific process sequence. Below is a typical schematic for an iron ore pelletizing plant.

The typical pellet plant includes **feed preparation** where green pellets are produced. These green pellets are then fed to **indurating** for firing and hardening and producing the “fired pellets”. The fired pellets are then transported to the last unit operation called **product handling**. Product handling is where the fired pellets may be screened for end user size requirements, or simply transported for storage and load out, or separated and recycled back to the **indurating** furnace if needed for further processing. Product handling is variable in nature depending on the end user requirements and indurating process employed. Note that in an iron ore pelletizing plant, the indurating process can be carried out by one of two technologies; (1) Grate Kiln technology and (2) Straight Grate technology. Both technologies are viable and proven, and are described in further details below as to when they are used and why.

Typical pellet plant schematic



**Feed preparation** is the process that produces the green pellet. Feed preparation is the process that combines the iron ore with certain additives to achieve a very specific chemistry for the resulting fired pellet after indurating. Feed preparation for iron ore pellet plants is typically comprised of the following processes.

- *Additive preparation* – Depending on the criteria specified by the end user of the iron making furnace, additives will need to be combined with iron ore to produce the desired fired pellet chemistry. The quantity and type of additives are determined from laboratory testing. Typical additives for iron ore pelletizing are limestone, dolomite, coal or coke breeze, and bentonite. Bentonite is a binding agent for creation of the green balls. In some plants, alternate organic binders are used instead of bentonite. In order for the additives to be combined with the iron ore, they must meet a specific particle size requirement. If raw additives are delivered to the plant, they must be ground to proper size. This preparation is accomplished by using either air swept vertical roller mills or horizontal ball mills, depending on the capacity needs. Also, in some applications co-grinding of the limestone, dolomite and coal or coke breeze is appropriate. Bentonite must be ground separately due to significant density and hardness differences from the other additives. Depending on the feed preparation process, some of the additive grinding mills may not be required, since the additives can be co-ground with the iron ore grinding mills. Also, if the end user purchases pre-ground additive, additive grinding mills would not be required. These are all variables to be considered in the design.
- *Iron ore preparation* – Iron ore is supplied to the plant directly from the mine source or supplied from an external source. If the iron ore arrives properly sized and ground for balling (pelletizing), not much iron ore preparation is required. In this instance, the ore will be stored and handled for downstream processing. If not properly sized, the iron ore must be ground to pelletizing size. Iron ore for pelletizing is nominally 80% passing 325 mesh (44  $\mu\text{m}$ ), with a Blaine specific surface of between 1600  $\text{cm}^2/\text{g}$  and 1800  $\text{cm}^2/\text{g}$ . If a determination is made, via laboratory testing, that grinding is needed, grinding will be accomplished through the use of either a wet grinding process or a dry grinding process. The selection of the grinding process is determined by the type of ore, availability of water, and downstream process considerations. After grinding, the ore is stored in ground ore storage bins for the downstream processing.
- *Mixing* – Once the additives and iron ore are prepared, they are transported to the mixing area (building) via belt type conveyors where the materials are mixed and blended into a consistent material with a desired moisture content of around 10%, plus or minus some optimum amount. Mixing takes place in high intensity mixers, of either horizontal or vertical design. After mixing, the mixed ore is transported via conveyors to the balling process for making “green pellets”.
- *Balling* - The mixed ore is transported to balling feed bins and then to the balling equipment which produces “green pellets” of a spherical shape and variable size distribution. The balling equipment is housed in a building called the “balling building”. In the balling process, the moisture content of the mixed ore and resulting green pellets is optimized by the addition of water via spray nozzles or piping fixtures. The balling process is accomplished by metering a specific quantity of mixed ore from the balling feed bins via conveyors to the balling equipment. Typically, two types of balling equipment can be used, either balling drums or balling discs, each with their own unique operations. The nature and type of balling equipment produces the “green pellets” an

## Upgrading

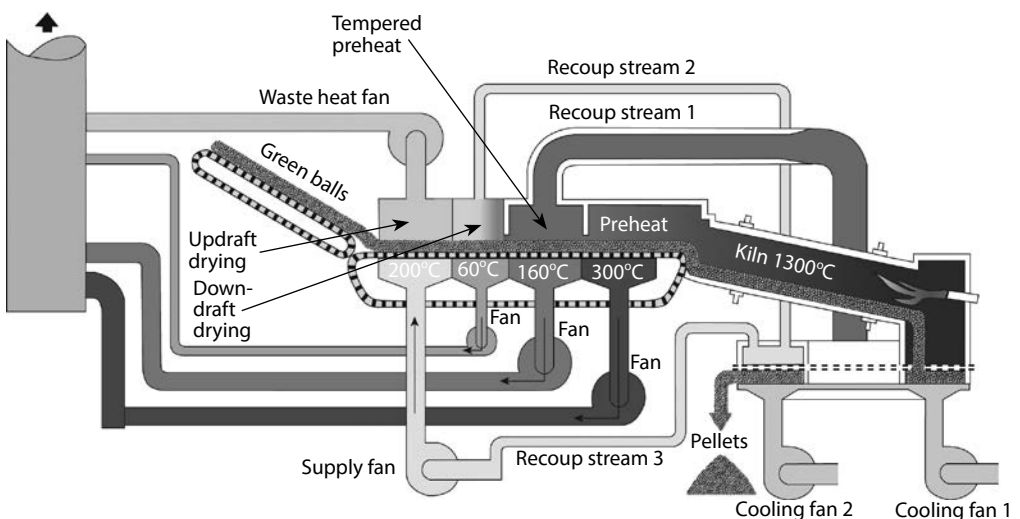
amazing process to be appreciated. After balling, the green pellets are transported to the Indurating process which produces the fired pellets, the end product.

**Indurating** is the process of taking the green pellets and hardening them through a high temperature furnace application. The fired pellets are hardened such that they can withstand transportation and handling per the end user requirement. Details are as follows:

- *Machine feed* – After the balling process produces the green pellets, the pellets must be transported and fed to the indurating process. In most typical pellet plants, the green pellets are transported via conveyors from the balling process. This means of transportation is accomplished using, in sequence: (1) traditional belt type conveyors, (2) either an oscillating or reciprocating type conveyor for in-line or right angle feed, (3) a wide belt conveyor and (4) a roller screen which directly feeds the green pellets to the indurating equipment. The oscillating or reciprocating type conveyors layer and distribute the green pellets to the wide belt conveyor. The wide belt conveyor transports the pellets to a roller screen for removal of oversize and undersize pellets prior to feeding the indurating process.
- *Drying, firing and cooling* – After the pellets are fed from the roller screen, they are dried, fired and cooled. This is the indurating process. Two indurating technologies can be employed for this process; (1) Grate Kiln technology and (2) Straight Grate technology. The technology selected depends on the type and characterization of iron ore, the fuel, the desired fired pellet chemistry, and end user preferences. In both processes, the chemistry, physical properties and metallurgical properties of the fired iron ore pellets can be adjusted to suit the end user by combining the fine ore mixture with various additives prior to firing. The temperature profile in the indurating furnaces and processes can also be adjusted to influence the physical and metallurgical properties of the fired pellets over a wide range.

### Grate Kiln technology

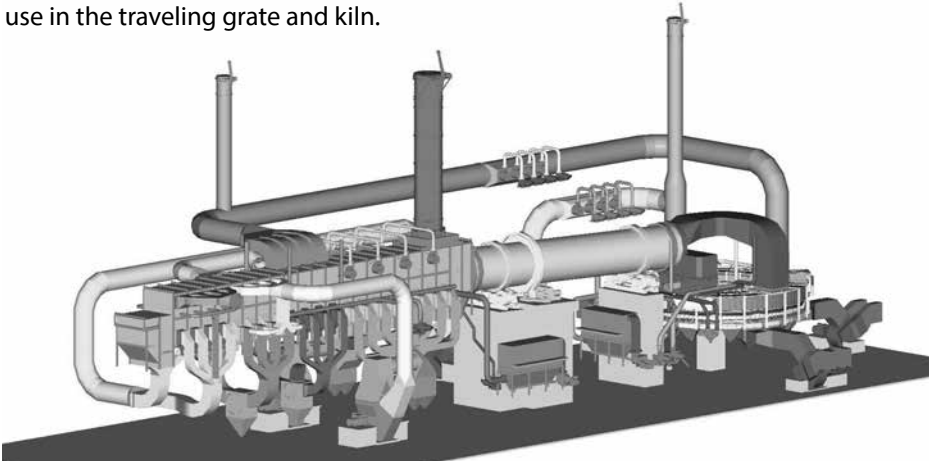
The Grate Kiln technology provides indurating through the use of a traveling mechanical grate for drying the pellets, a rotary kiln for firing the pellets and a rotating annular machine for cooling the pellets. The following is a typical schematic of the Grate Kiln process.



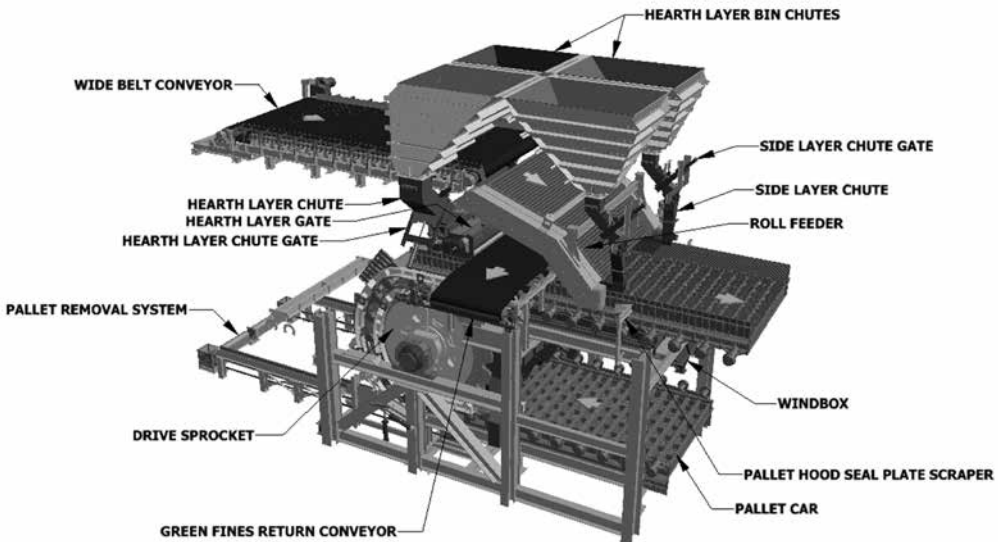
The traveling grate receives green pellets, removes pellet moisture through drying, and strengthens the pellet by preheating and subsequent partial fusion (induration) of the pellet's mineral bonds. After the drying and initial preheating in the traveling grate, the partially indurated pellets are fed directly into the rotary kiln, where the primary indurating (firing of the pellets) is accomplished.

The rotary kiln is a sloped rotating cylindrical furnace comprised of a burner at the discharge end. Through application of heat and uniform mixing of the pellet bed through tumbling as the kiln rotates, the rotary kiln heat-hardens and indurates the pellets, completing a unified formation of the mineral bonds. After the indurating process, the pellets are discharged to the annular cooler.

The annular cooler is a circular structure consisting of a rotating top and stationary bottom which receives the indurated pellets from the rotary kiln. It cools the pellets for subsequent safe handling while simultaneously recuperating sensible heat for use in the traveling grate and kiln.



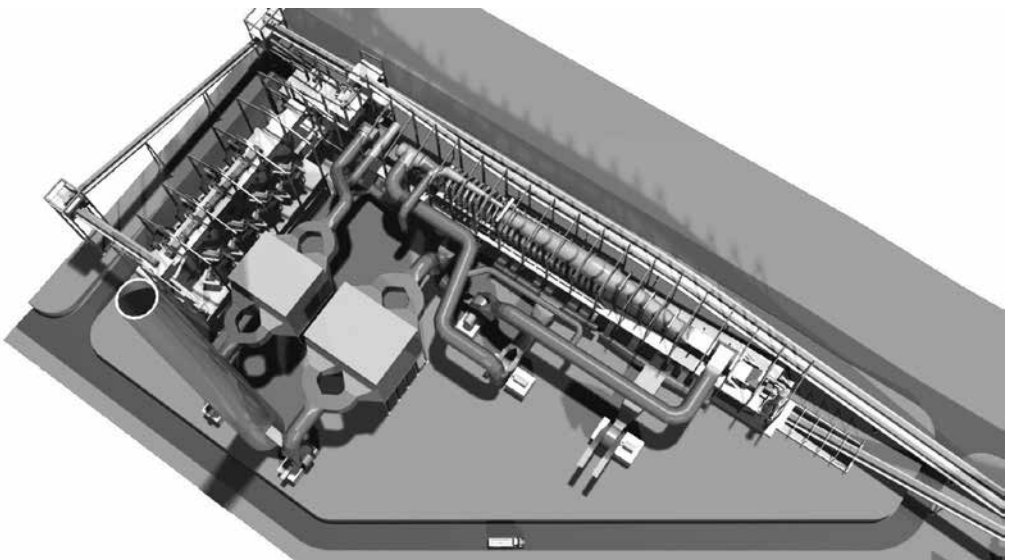
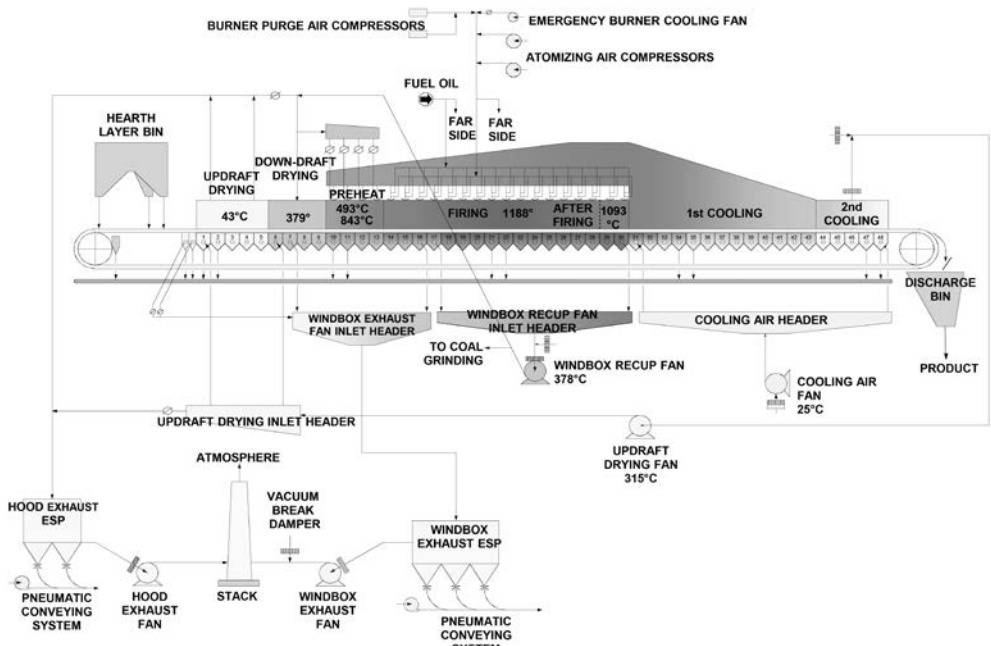
In the Straight Grate indurating process, the green pellets are dried, fired and cooled on a single strand consisting of a series of heavy cast steel pallets. The top surface of each pallet is made of an assembly of cast, high alloy grate bars which permit flow of process air through the bed of pellets. The green pellets are fed continuously to the indurating furnace at a depth of 300 to 400 mm. The following is a typical rendering of the machine drive and feed to the indurating furnace.



## Upgrading

The peak firing temperature required to harden the pellet is approximately 1350°C. A typical design separates the furnace hood into six distinct process zones: up-draft drying, down-draft drying, pre-heat, firing, cooling and second cooling. Large fans are employed to move the process air streams from zone to zone. Fresh air is forced into the cooling zone to recover heat from the fired pellets prior to their discharge from the machine. This recovered heat is used to dry and pre-heat the pellets as well as furnish combustion air for the burners.

Heat for firing is provided by a series of burners entering through the side walls of the pre-heat and firing zones of the furnace. The burners can be fired with liquid or gaseous fuels. Burner fuel requirements can be reduced by mixing coal fines with the ore fines before forming the green balls. Air pollution control equipment is provided to control the particulate and gaseous emissions from the process stacks. The following are a typical schematic of the Straight Grate process and a rendering of a typical plant.





After the indurating process, the fired pellets are discharged to the **Product Handling** system. The Product Handling system typically includes a screening process for either mechanical or gravity separation of pellets by size.

If mechanical separation is used, vibrating screens are typically used to separate pellets into three categories: on-size, undersize and oversize. On-size pellets meet the requirements of the end user. Undersize and oversize pellets are collected for other downstream processes such as sinter feed or are recycled back into the indurating process.

Gravity separation is another commonly used process. Due to the nature of pellets in handling, oversize pellets typically migrate to the outer edges of storage bins or piles. By strategically placing chutes, oversize pellets can be diverted and separated in the process from on-size pellets. While this is a crude methodology, it works well in practice and is the least costly approach. If the client has very specific sizing needs, mechanical separation is the best approach.

Product handling for the Straight Grate process is slightly different than the Grate Kiln process. In the Straight Grate process, a portion of the fired pellets must be separated by size and recirculated back to the front end of the indurating machine, where they are layered on top of the pallets underneath the layer of green pellets. This layer of pellets, called the "hearth layer", is used to protect the pallets and grate bars from excessive temperature. These hearth layer pellets can be separated either mechanically or via gravity separation as described above.

## ***Major process equipment components of iron ore pellet plant***

**Additive grinding mills** – Mills are required for the grinding of limestone, dolomite, coal or coke breeze, and bentonite. Additives are typically ground in either air swept vertical roller mills or horizontal balls mills, depending on the capacity needs. Also, in some applications co-grinding of the limestone, dolomite and coal or coke breeze is appropriate. Bentonite must be ground separately due to significant density and hardness differences with the other additives. Depending on the feed preparation process, some of the additive grinding mills may not be required, since additives may sometimes be co-ground with the iron ore. Also, if the end users purchases pre-ground additives, additive grinding mills would not be required. These are all variables to be considered in the design.

**Iron ore rotary dryers** - If a dry feed preparation process is designed, rotary dryers prepare the iron ore for feeding to the dry grinding mills by removing nearly 100% of the moisture from the ore.

**Iron ore grinding mills** – If the iron ore from the supply source is not properly ground to the proper size for pelletizing, ball type grinding mills are used. The ball mills are either dry grinding mills or wet grinding mills depending on the process design. Wet grinding mills produce a slurry for downstream filtration prior to the mixing process. Dry grinding mills produce a final grind directly suitable for feeding to the mixing process.

**Filtration equipment** – If a wet grinding process is utilized, filtration equipment is supplied to remove water from the iron ore slurry emanating from the wet grinding mills. Depending on the chemical characterization of the iron ore, either Vacuum Filters or Pressure Filters are used. Pressure filters are used commonly when the ore has a high content of alumina (clay) type constituents. Filtration tests are done on the ground ore to determine the applicable filtration equipment.

**Slurry handling equipment** – The wet grinding process requires equipment to pump, store and thicken the slurry prior to filtration. Rubber lined pumps transport the slurry to and from large slurry storage tanks, a concentrate thickener, and eventually the filtration equipment. A concentrate rake type thickener is used in the process to increase the density of the slurry prior to filtration.

**Mixer** – Mixers are utilized to blend individual pelletizing feed components, iron ore and additives to a homogeneous balling feed. Typically two types of mixers can be used for this process; (1) horizontal rubber lined paddle type mixer, or (2) vertical type bowl mixers with hardened components. Both are equally suitable.

**Balling disk or balling drum** – A balling disk is a rotating mechanical platform (dish or disk in form) with retention rims to hold and process material. A balling drum is an inclined cylindrical machine (barrel like vessel) that rotates. Both equipment types receive a finely ground mixture of iron ore and other additives and produce uniform spherical pellets through the addition of moisture and the dynamic forces of rotation or circulation.

**Balling disc roller screens** – Roller type screens are used to separate on-size and off-size green pellets. The off-size materials are recycled, shredded and re-processed through the balling process. On-size pellets are conveyed to the indurating process.

**Conveying equipment** – Iron ore pellet plants are heavily dependent on belt conveyors for the transfer of bulk materials and pellets from one unit operation to another.

**Reciprocating conveyor mechanism** – A layout having the balling building at a right angle to the indurating machine will require the use of a reciprocating type conveyor. The discharge pulley at the end of a belt type conveyor moves back and forth, distributing a layer of pellet across the width of the wide belt conveyor. By means of varying the speed of the reciprocating stroke and pulley speed, and the wide belt speed, a relatively even layer of green balls is spread across the wide belt conveyor.

**Oscillating conveyor** – A layout having the balling building in line with the indurating machine will require the use of an oscillating type conveyor. The green ball oscillating feed conveyor receives unfired green ball pellets from the balling disc belt conveyors, and then transfers and distributes the pellets onto the wide belt feed conveyor via an oscillating mechanism. The wide belt conveyor is oriented in line with the oscillating conveyor. By varying the speed of the oscillating head and the wide belt speed, a relatively even layer of green balls is spread across the wide belt

**Wide belt conveyor** – The wide belt conveyor receives green pellets from the oscillating conveyor or reciprocating conveyor and delivers the pellets to the indurating machine feed roller screen. The wide belt conveyor is a non-standard belt conveyor that, due to its extreme width and belt loading, requires special design considerations and components.

**Machine feed roller screens (single deck or double deck)** – The green balls are fed onto a roller screen where a series of rotating rollers separate and transport the green pellets to the indurating machine (process). Depending on the capacity of the plant and end user needs, either a single deck roller screen (SDRS) or double deck roller screen (DDRS) is used. The number of rolls is dictated by the capacity of the plant and the final fired pellet sizing requirements. The rollers screens are operated by a variable speed drive which alters the speeds of the rolls and optimizes the screening efficiency.

- For the SDRS, the roller screen separates on-size pellets from under size. The undersize pellets fall through the gaps set between the individual rolls. The undersize pellets are shredded and recycled back through the plant for re-balling. The on-size pellets, all pellets having a diameter larger than the gaps, are fed to the indurating machine.
- For the DDRS, two separate roller screen or decks are installed, one called the top deck or oversize roller conveyor, and the other deck called the bottom deck or machine feed roller conveyor. The oversize roller conveyor has gaps set to the largest fired pellet size required by the user, and the machine feed conveyor has gaps between the rolls set to the minimal size of pellet. The oversize pellets are conveyed via rollers to an oversize belt conveyor perpendicular to the roller deck. The oversize belt conveyor feeds into the shredder which reduces the oversize to fines for recirculation back to the balling circuit. On the machine feed roller conveyor, the on-size material is separated from the fines material. The fines material falls through the gaps between the rollers onto the fines belt conveyor(s) located under the machine feed roller screen. The fines are also recirculated to the balling circuit. The “on-size” material discharges directly into the indurating machine.

**Indurating machine** – Depending on the indurating process employed, either the Grate Kiln indurating process or Straight Grate indurating process will be used. As described above, each process has specific equipment tailored to the process.

**Process fans** – Both the Grate Kiln and Straight Grate processes use a series of large process fans to move and distribute ambient air and hot process gases through the systems. These fans have specific process requirements which dictate the capacities and sizes of the fan. In general, fans are sized, if possible, to a common size to minimize spare parts needs.

**Air quality control equipment** – Dust collection and emissions controls are provided for each pellet plant based upon the end user needs to satisfy the applicable emissions regulations. Baghouses, electrostatic precipitators, scrubbers, and even more complicated equipment are used.

### ***Design criteria and plant sizing***

The iron ore pelletizing plant, design and sizing, is affected by many factors which are evaluated during the upfront engineering process for the project. Each project is typically unique to the design criteria, however many plants can be similar in nature. Although plant capacity (i.e. million tons per annum, mtpa), is a commonly used identifier, the details of the design criteria typically vary quite a bit. The following are design criteria that must be considered in the development of a pellet plant design.

**Plant Location** – Site locations set the ambient conditions for temperature, site elevations, soil bearing capacity, wind conditions, seismic zone and other factors. This affects sizing of equipment and design of structures. The terrain of the site is also important in setting the orientation and configuration of the plant to take advantage in any changes in elevation on the site.

**Fired Pellet Chemistry** – The end use determines the type of fired pellet needed, such as blast furnace (BF) pellet or direct reduced iron (DRI) pellet. Each pellet type sets the iron content of the fired pellet and chemistry, resulting in the quantity of additives needed to produce the end product.

**Raw Material Supply and Characteristics** – The type of iron ore and additives and their characterization set the plant design requirements. Is the iron ore as received, properly ground for pelletizing? Will the additives delivered be pre-ground or will on-site grinding be needed. Is the iron ore a magnetite or hematite ore, and what is the iron content (Fe) of the ore? What are the silica and alumina content of the iron ore? What is the type of fuel to be used to create the heat input to the indurating process. There are many questions to be asked. These help determine the overall process and what type of indurating process to be used. This information is used to tailor the chemistry of the pellets to produce desired metallurgical and physical properties in the fired pellets.

**Iron Ore Testing Programs** – A most critical part in the upfront engineering of a prospective iron ore pelletizing plant project is the iron ore testing program. For iron ore pellet plants, the testing program is called “Pot Grate Testing”. These unique testing programs have been developed for fired pellets produced using the Grate Kiln indurating process or the Straight Grate indurating process. These testing programs can take up to three to four months to perform after receipt of the raw materials to be tested. Pot grate testing is the basic tool to determine the optimal firing pattern (temperature profile and process gas flows) within the indurating process to achieve the specified production rate and product quality for the raw materials being supplied. The pot grate testing allows the plant to be designed for the lowest capital, operating and maintenance costs.

### *Comparisons of indurating technologies*

Iron ore pelletizing plants are similar in the various unit operations making up a typical plant. The one main variable is the type of indurating unit operation utilized. The following are some comparatives between the two processes in respect of capital cost investments, operations and maintenance.

#### Capital cost comparison

Straight Grate	Grate Kiln
<ul style="list-style-type: none"><li>• Overall indurating machine length is similar</li><li>• Slightly narrower width</li><li>• Similar total plant area when balance of plant is considered</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Overall indurating machine length is similar</li><li>• Slightly wider width</li><li>• Similar total plant area when balance of plant is considered</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Balling area is lower (elevation) because entire machine is at one elevation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balling area is significantly higher (elevation) so as to feed traveling grate</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Less structural steel required because of lower balling area elevation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• More structural steel required</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Lower capital cost by about 10%</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Higher capital cost</li></ul>

**Operation comparison**

Straight Grate	Grate Kiln
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capable of firing gas, or liquids (no solid fuels)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capable of firing solid fuel, gas , or liquids</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Higher electrical power consumption due to deep bed of pellets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Significantly lower electrical power consumption</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuel consumption is similar</li> <li>• Single machine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuel consumption is similar</li> <li>• 3 separate machines – traveling grate, kiln, annular cooler, allows control of residence time in each</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiple burners provides process flexibility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Single burner in kiln, additional burners in traveling grate when processing hematite</li> </ul>

**Maintenance comparison**

Straight Grate	Grate Kiln
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pallet cars can be taken off-line for maintenance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System must be shut-down for maintenance</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pallet cars made of alloy steel parts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grate chain and all plates are made of alloy steel parts</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Less refractory maintenance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• More refractory maintenance, but done at annual shut-down (mostly kiln)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Single machine, one drive to maintain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 separate machines – traveling grate, kiln, annular cooler, 3 drives to maintain</li> </ul>

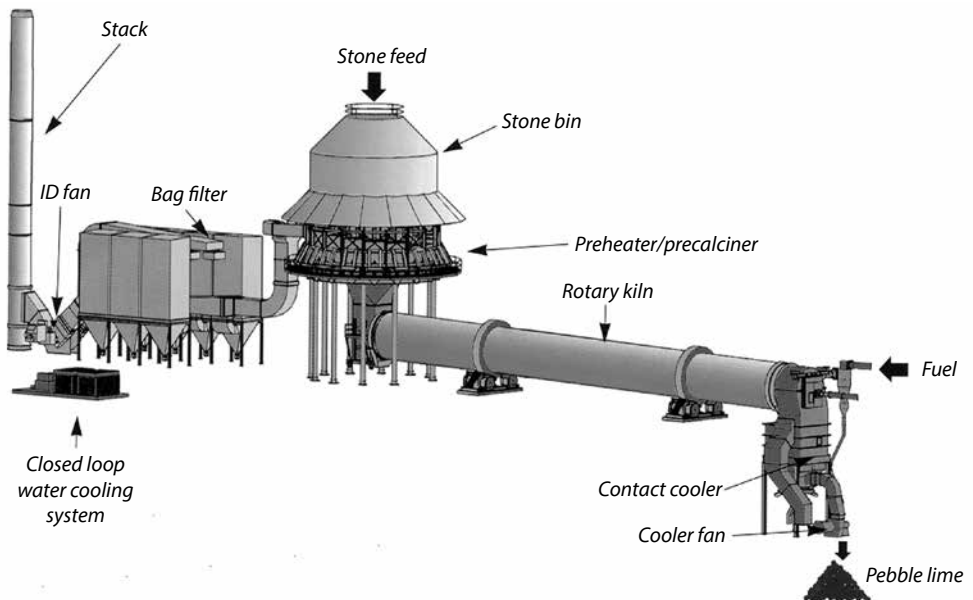
### Lime calcining system

The preheater-rotary kiln system calcines a medium to small size limestone, is capable of high production capacities, and produces a uniform, high quality lime product. The “straight” or “long” rotary kiln (one without a preheater) uses a greater amount of fuel per tonne of product.

#### General arrangement

A preheater-kiln system includes a stone bin, preheater, rotary kiln and stationary cooler. Calcining begins in the preheater and is completed in the rotary kiln. Heat transfer in a preheater-rotary kiln system is “counter-current”. The limestone/lime material travels through the system in one direction and the hot process gases that provide the necessary heat for calcination travel through the system in the opposite direction. The preheater recovers heat from the kiln exhaust gases and the cooler recovers heat from the lime as it discharges from the kiln. The heat recovered from the cooler is used in the kiln as preheated combustion air.

The following figure identifies the major components of a typical polygon preheater-rotary kiln system with coal firing and a “baghouse” type dust collection system. This configuration is typical of lime plant installations in North America, in particular, where regular solid, alternative solid, liquid and gas fuels are plentiful and in turn, relatively inexpensive. In addition, baghouse style dust collection is used nearly exclusively in order to comply with the strict limitations on particulate emissions imposed by the governing agencies.



## *Process and equipment description*

Limestone feed is delivered to the un-insulated, carbon steel stone bin, on an intermittent basis, by an appropriate stone preparation and conveying system. It enters the stone bin through an opening at the center of its roof, and is directed to a series of equally spaced discharge points in an annulus at the bottom of the bin. Limestone leaves the stone bin, by gravity, through a set of stone chutes and enters the integral preheater unit, directly below, replacing partially calcined material as it is discharged from the preheater at a controlled rate.

The refractory-lined preheater is made-up of a series of adjoining compartments, or modules, arranged in something of a circular shape (in plan) with a common discharge hopper at the center. Each preheater module receives stone through a four-sided, vertical chute that connects the module to a corresponding discharge opening in the stone bin directly above. These chutes, which are always full of stone during normal operation, create an adequate seal between the process gas stream within the preheater and ambient (at the stone bin inlet). Hot process gases are pulled through the bed of material in the preheater by an induced draft fan (or I.D. fan). The heat content of the gases entering the preheater is such that calcining begins in the preheater. Once through the material bed, having transferred much of the heat to the material, the gases exit the preheater through two exhaust gas manifolds.

Partially calcined material, which has been raised from the near ambient temperature of inside the stone bin to around 760 °C, is pushed from the sloped floor of each module into the center hopper of the preheater by a discharge plunger within the module. Each of these plungers is moved through its stroke cycle by plunger rods connected to a hydraulic cylinder drive mechanism. The alloy steel plunger castings are the only non-refractory lined components found within the preheater.

The partially calcined material passes through the transfer chute and enters the refractory lined rotary kiln, which is installed on a gradual slope away from the transfer chute. Material travels from the upper to lower end of the rotating kiln, while hot process gases are pulled through the kiln in the opposite direction. It is here where the calcining process is completed.

Calcined lime falls from the discharge of the rotating kiln, through discharge grates at the base of the firing hood into the cooler.

As the name implies, it is the firing hood that provides the insertion point for the single burner of the kiln firing system. After passing through the grates at the base of the firing hood, the calcined lime falls into the cooler. Viewed in plan (from the top), the cooler is square and is divided into four cooling compartment, or quadrants. Air is forced into the cooler by the cooler fan. This air cools the lime in counter-current flow through the cooler and then travels up through the cooler grates into the firing hood and kiln, where it serves as preheated secondary combustion air for the firing system

### **System capabilities / flexibility**

#### **Limestone Feed**

Systems has been designed for limestone feed sizes as large as 75 mm, but a more typical maximum top size is 60 mm. Systems have also been designed for feeds as small as 6 mm, but, again, the more typical minimum bottom size is 9 mm. In order to maintain a reasonable pressure drop across the packed bed of material in the preheater, a maximum top-to-bottom size ratio is required. This design feed size ratio if most often a maximum of 4 to 1. However there are preheater-kiln systems in operation today successfully processing stone feed size fractions with top-to-bottom size ratios of 6 or even 7 to 1. Feed size ranges this broad, of course, help to minimize stone cost by maximizing utilization of the quarried stone.

#### **Fuel types**

Because a single burner supplies the process heat to the calcining system, a firing system can easily be designed to handle any of the commonly available forms of fuel—solid, liquid or gaseous. The system can be designed to fire a single type of fuel, or a combination of fuels. There are also designed systems for plant sites around the world that use fuels such as fuels oils of various grades, natural gas and coke oven gas, among others.

#### **Fuel rates**

The greater the rated capacity of a preheater-kiln system, the less fuel it will consume per tonne of lime product. This is simply because there is less equipment surface area available for system heat loss, per tonne of product, at higher system production capacities. The expected nominal fuel rate for an 1100 metric ton per day preheater-kiln system would be in the range of 1000-1150 kcal/kg of lime (4185-4815 kJ/kg), net basis.

#### **Lime product quality**

The combination of the preheater and the rotary kiln working together produces an extremely homogenous lime product of very high quality. In the preheater the finer size particles are calcined more completely than are the coarser particles. In the rotary kiln, because the finer material is trapped in the “kidney” of the rotating bed, somewhat isolated from the hot process gases as it travels through the kiln, the opposite is true. The end result is that by the time the material reaches the discharge end of the rotary kiln all of the material is calcined to the same extent. In addition, because limestone feed to the system is typically no larger than 60 mm, each piece of material can be calcined thoroughly, leaving only small amounts of residual CO<sub>2</sub> in the material, when required. The preheater-rotary kiln system is capable of producing limes with a residual CO<sub>2</sub> as high as 3.0% and a high reactivity, and as low as 0.01% – basically dead burned.

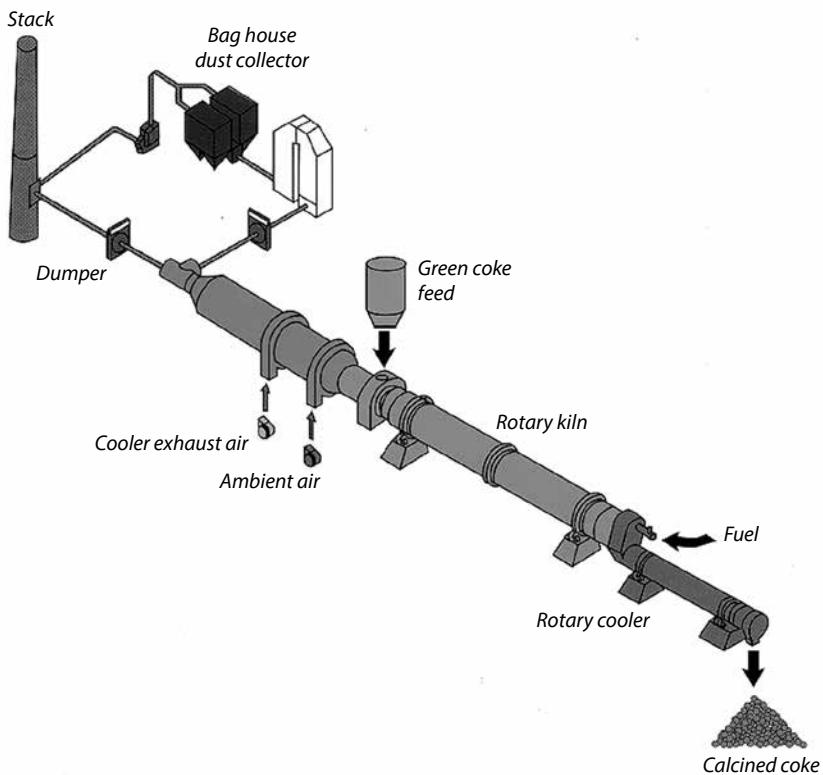
The preheater-rotary kiln system is also a proven means of producing steel industry grade—low sulfur—lime. Sulfur capture by the material as it travels through the calcining system is a mass transfer phenomenon, which takes place when sulfur in the process gas stream is in intimate contact with the material. Since the preheater-kiln system maintains a relative short packed bed of material (relative to other types of kiln systems) in the preheater, little opportunity is provided for the transfer. In addition, if a fuel is used that has a sufficiently low sulfur content, some of the sulfur entering the system in the stone can be driven off in the firing zone of the rotary kiln. This sulfur can then attach to the very fine material in the process gas stream and, once through the preheater, be collected .



## Coke calcining system

Petroleum coke (green coke) is a solid residue by-product from refining oils, gasoline and other hydrocarbons. The green coke is removed from a coking drum used in the refining process. The main components of green coke are carbon and volatile compounds. Coke calcining is a process where green coke is converted (by evaporating the volatiles) into nearly pure carbon that is used (mainly) in the production of aluminum. This technology became prevalent in the 1940's and 1950's (when aluminum started to find favor with manufacturers).

The raw, green coke is fed into the rotary kiln where it is calcined using heat from the main burner as well as heat from burning dust and volatiles released from the coke inside the kiln. There is sufficient temperature in the kiln to burn the coke; so, the oxygen content in the kiln must be controlled very carefully to prevent all of the coke from burning. Air is injected through the shell of the kiln to burn a portion of the volatiles released from the coke and provide heat for the calcining process. The calcining process drives off most of the volatiles from the coke. These gases flow up the kiln and enter the afterburner where additional air is injected and the volatiles are burned. The heat energy in the afterburner exhaust gas is recovered in a boiler (to make steam for the refinery or to make electrical energy). The calcined coke travels through the kiln and exits into a cooler where the product temperature is lowered using water quenching or contact cooling. From there, it is taken off to a storage silo.



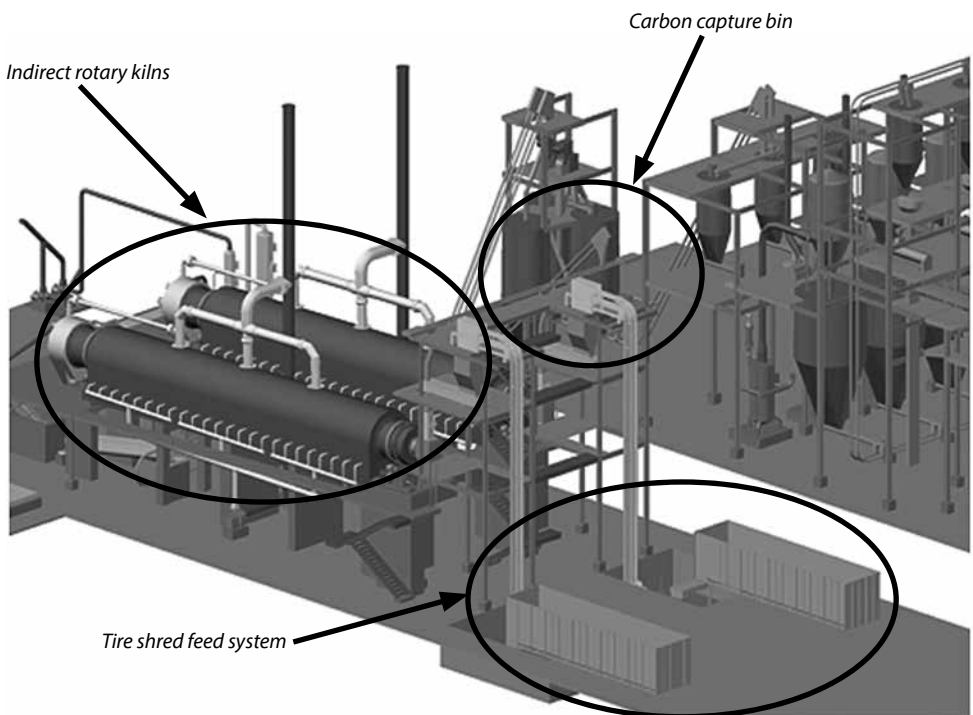
### Tire pyrolysis

Worldwide, it is estimated that one billion scrap tires are produced every year. Have you ever wondered what happens to all of these scrap tires?

In the US, the majority of tires are used as a supplemental fuel source. The heating value per pound of tires is slightly higher than coal. Cement kilns, waste incinerators and boilers for paper mills are the biggest users (mainly because they can easily handle the leftover metal radials). The second biggest user of scrap tires is the asphalt industry. In the end, however, an estimated 9% of scrap tires (26 million tires per year) end up in a landfill. Worldwide, we know this percentage is much higher, especially in developing countries like China and India. That leaves some 100 million tires ending up in a landfill where they will remain for a long, long time.

To maximize the economy of recycling tires, a process has been developed where all major components of the tire can become revenue streams (money generators) for the recycler. This means making use of the steel, carbon black (major component of the rubber) and the fossil fuel components of the rubber (specifically the oil). These are the big three. Instead of burning the tires, they are roasted at a lower temperature in an atmosphere devoid of oxygen (so that no actual burning occurs). This method of roasting is called pyrolysis, and is used for many different processes. By using pyrolysis, the tire shreds can be broken down into their three basic components (carbon black char, steel radials and oil/gas). Since the three off-coming streams can be captured and sold, the recycling process becomes profitable and not just possible!

The figure below shows the basic tire pyrolysis system...



Shredded tire chips approximately two inches by four inches are received at the recycling facility. The chips are fed to an indirect rotary kiln using special conveyors. In the indirect kiln, the pyrolysis reaction is carried out. Remember, an indirect kiln adds heat from outside (through the shell) and there is no direct flame inside the kiln. This is done because no oxygen can be present for the pyrolysis reaction to correctly occur. The chips go through three stages inside the kiln. First, the rubber becomes brittle and separates from the steel (we call this the rubber char). In the second stage, the oil and gas are forced from the rubber char and collected. In the last stage, the char is fully processed into a carbon black-like substance and separated from the steel wires. The char is sent through a holo-flite processor (to cool it) and then sent to a bagging system where it is packaged for transport.

The steel is cooled in an air dryer and the steel wires are compacted and shipped to a steel recycler or steel processing furnace. The off-gas from the kiln is pulled through a patented condenser where oil is extracted. This oil is very similar to a diesel fuel. In addition, there is a gas stream of non-condensable oil that can be sent to a boiler and used for generating steam (for heating or power generation).

From a single tire, approximately 1/3 of the mass recovered is steel, 1/3 becomes carbon black and the other 1/3 is oil. Hundreds of hours of continuous testing and processing of thousands of pounds of tire shreds has been conducted to learn the correct method for heating the tires, the best method for handling the shreds, the best method for handling the wires and also the best configuration for the oil condenser. Many technological hurdles have been crossed through this testing (such as preventing pluggage in the condenser, tangling of the chips as they enter the kiln and effectively cooling the rubber char).



## Introduction

In the process stages of size reduction, size control, enrichment and upgrading the values of the minerals or rock are brought to their optimum.

We will now look closer into what forms these process stages into a continuous operation.

***With materials handling we understand the technologies for moving the process forward with a minimum of disturbances in capacity and flow. These technologies are:***

- Loading and unloading
- Storing
- Feeding
- Transportation

For practical reasons we are using the term materials handling for dry processes only.

*Of course, the technologies for moving a wet process forward are equally important. We call this slurry handling and the subject will be covered in section 8!*

## Loading and unloading

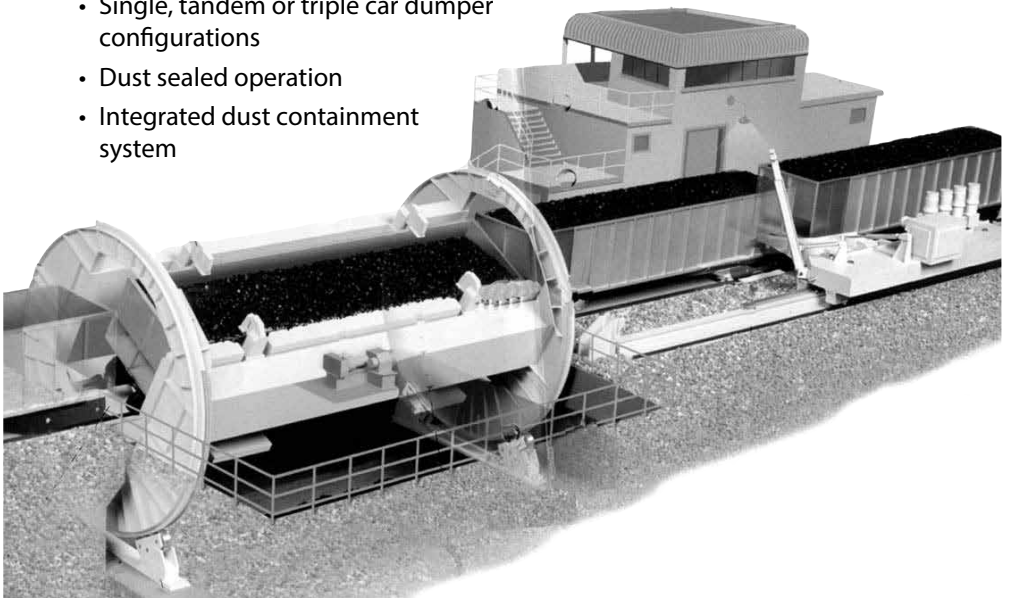
In this section we will only cover loading and unloading conditions related to rail cars and sea vessels (high capacity conditions)

### Railcar dumpers

Rail is the most common inland way of hauling large quantities of raw ore, up-graded minerals and coal etc, and unit trains up to 200 rail cars have to be unloaded during shortest possible time observing safety and environmental requirements.

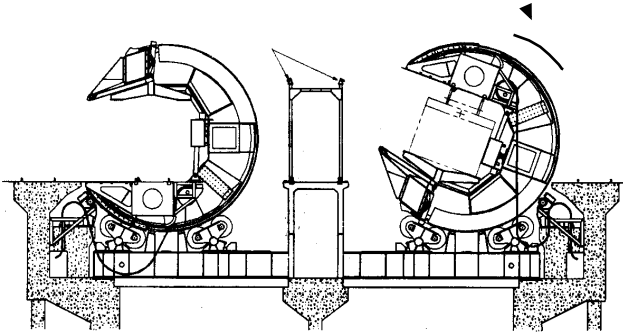
#### ***Railcar dumper – rotary type***

- Reliable and proven design
- Capacities up to 100 cars/h
- Single, tandem or triple car dumper configurations
- Dust sealed operation
- Integrated dust containment system



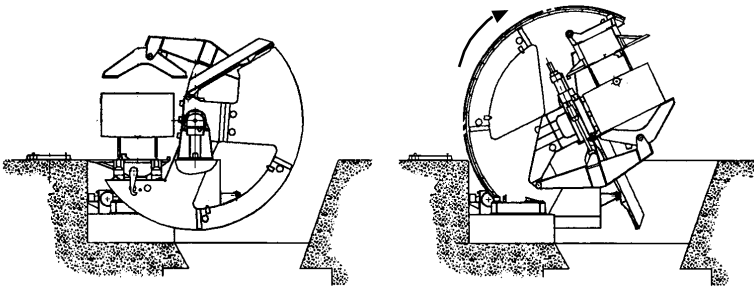
### Railcar dumper – “Crescent” design

- Low in energy (rotation axis close to gravity centre of loaded cars)
- Hopper position close to rail track
- Hydraulic car clamping system (closed loop)
- Rate of unloading 60 cars/h and line



### Rail car dumper - Rotaside® type

- Hopper position at the side of rail track gives simplified installation
- Proven and simple design
- Low in maintenance
- Rate of unloading 12 cars/h



### Train positioners

A train positioner has to have a high utilization capability to enable it to precisely position blocks of 1-10 railcars up to heavy train in excess of 200 railcars using a preset velocity pattern. In duties ranging from 5 to 90 cars unloading per hour there are a number of options for positioners.

#### System

Side arm system (rack and pinion drive), see picture next page

Reversible hydraulic indexer system

Wire rope car pullers

Vertical capstan system

Double side arm system (Gemini®)

#### Unloading duty

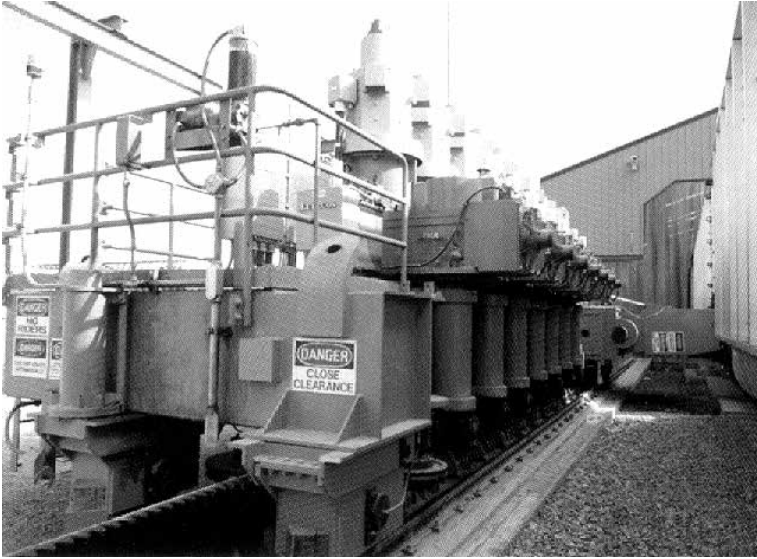
Heavy 100 car, or more, trains at high capacity

25 ton pull, 5-15 cars/hour

From 2-12 ton pull at variable speeds

Manual operation - limited pull and distances

For very high unloading rates



*Side arm system*

## Unloaders

### Grab unloader

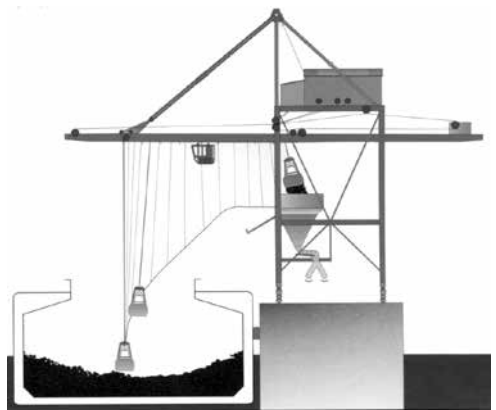
Grab unloading is a classical way of unloading ships and barges. This concept is still valid but has undergone a massive development.

Today's high speed grab unloaders feature short duty cycles and large capacity buckets for greater unloading volume and efficiency.

- Reliable equipment
- Low operating costs
- ABC system (Automatic Bucket Control) with grab control on closing, filling, loading and positioning
- Integrated dust containment system

#### Unloading capacities (typical)

- Grab capacity coal 6 to 25 tonnes
- Grab capacity iron ore 6 to 40 tonnes
- Duty cycle: 36 to 45 sec
- Free digging rate coal 500 to 2000 tonnes/h
- Free digging rate iron ore 500 to 3 400 tonnes/h

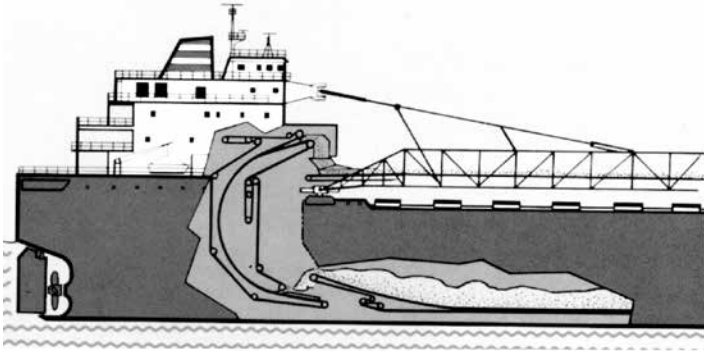


### *Continuous unloading*

For high capacity unloading applications (for faster ship or barge turnarounds) continuous unloading is an option.

**CBU** (Continuous Barge Unloaders) and **CSU** (Continuous Ship Unloaders) can be manual, semi automatic or fully automatic “Self-Unloading” systems of type

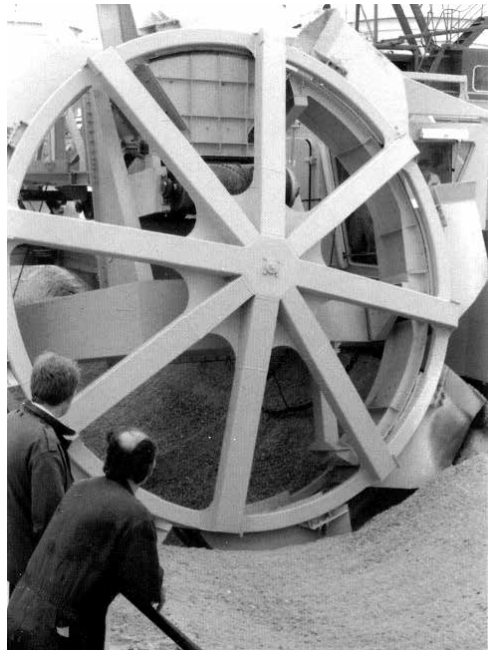
- Inclined bucket elevator
- Loop belt system
- Vertical conveying system see also conveying, page 7:16 and 7:21
- Capacities up to 6 000 tonnes per hour
- Operator friendly, less polluting operation (dust & noise)
- Long service life
- Flexible in sizes and capacities



*Loop Belt System*

### *CSU- bucket wheel type*

- Optimal for unloading sea dredged sand or other suitable bulk material.
- Varying number of buckets to suit vessel size (1 400-4 500m<sup>3</sup>)
- Discharge rate to shore 1 200 m<sup>3</sup>/h
- Bucket wheel protected in “sea position”





## Storage buffering

Buffer storage is some time called “the key to processing”, meaning that without a proper storage throughout a continuous rock or mineral process, production up-time will be gone.

### Storage in operation

The main purpose of storage is to smooth out:

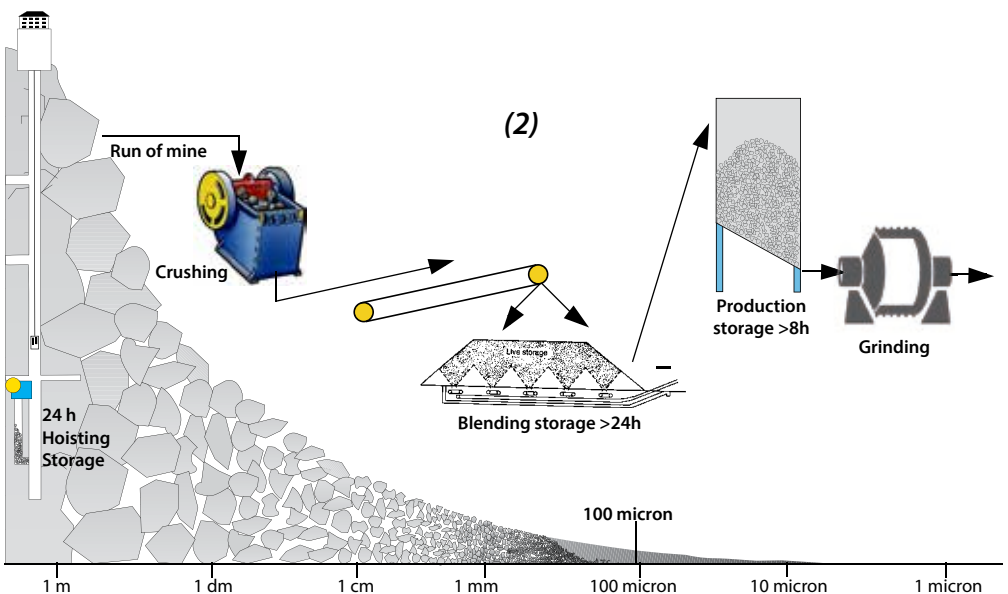
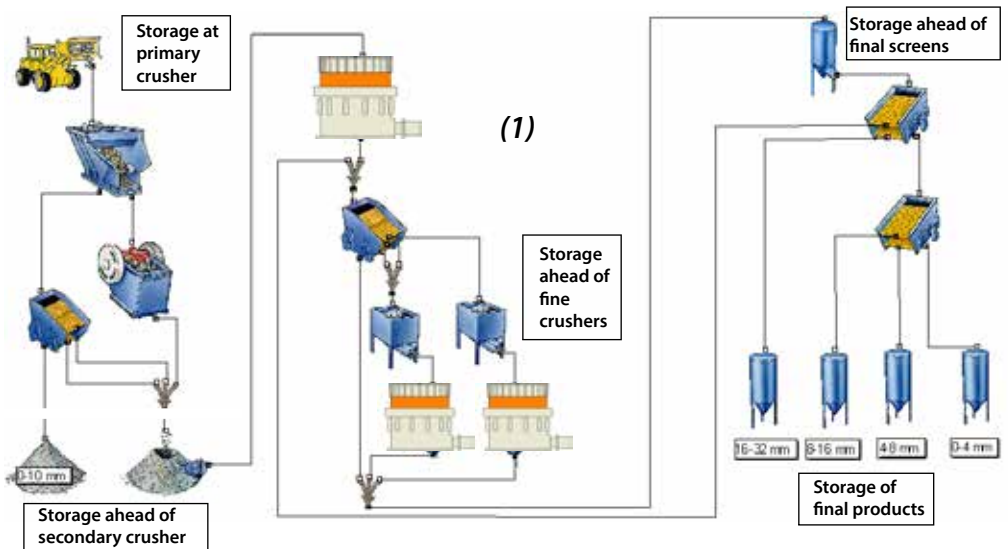
- Different production rates (cont cyclic)
- Shift variations
- Interruptions for repair
- Size variations
- Flow variations
- Variations in mineral value (metal content etc.)

### Storage of rock (1)

A matter of material flow (retention time)

### Storage of ore and minerals (2)

A matter of material flow (retention time) and blending



### Stacker reclaimer

Large storages with high capacities for feeding mineral processing plants, combustion plants (coal), ships etc. cannot use loader and truck technology. Here effective stacker reclaimers are the only option

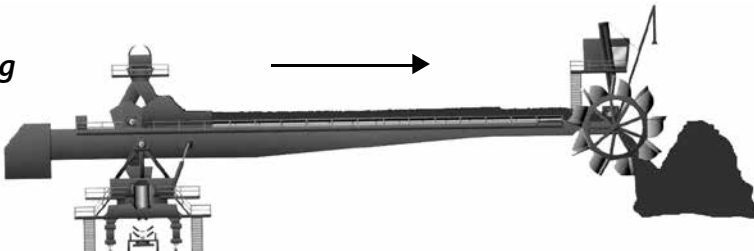
**Trenching type** stacker reclaimers are used for low-volume, high active storage capacities between 30 000 and 60 000 tons. Reclaiming operations are accomplished by longitudinal pass through the pile.

Stacking and reclaiming rate usually vary from 2 000 - 4 500 tons per hour.

**Slewing type** stacker reclaimers are typically used where large quantities of material must be readily available, where blending of material grades is required and where yard length is limited.

Stacking and reclaim rate up to 6 000 tons/h for coal and 8 000-10 000 tons/h for iron ore.

#### Stacking



*Straight-through boom configuration max length 38 m*

#### Reclaiming



*Masted boom configuration length over 38 m*

### Scraper reclaimer

These reclaimers are designed to handle materials as (typical) phosphate, coal, sulphur, fertilizers and woodchips servicing parallel storage piles from booms mounted on either or both sides of the machine.

They incorporate the cost advantage of “back stacking” (the ability to reverse boom flight direction up the storage pile).

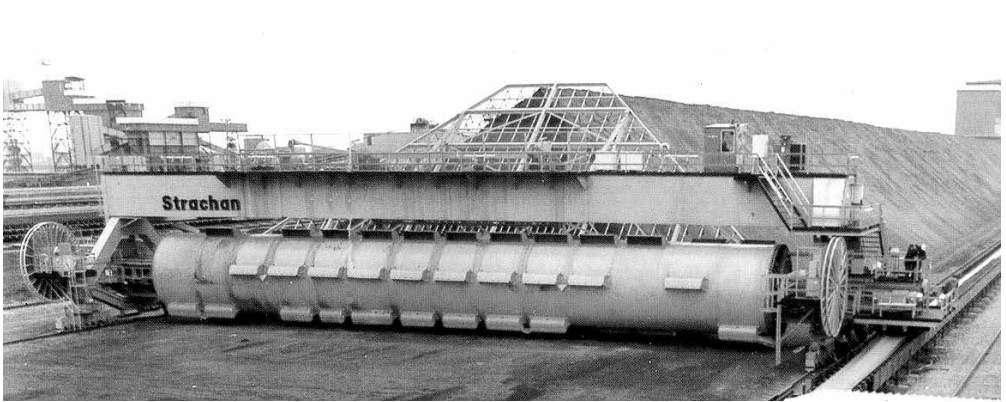
- Capacities up to 4 000 tons /h
- Single, twin and double-boom options



## ***Barrel reclaimer for “Full cross section recovery”***

The optimal machine reclaiming from a blending pile is the barrel reclaimer. The heart of the machine is a rotating barrel fitted with a large number of buckets. Material collected in the buckets is discharged into an internal conveyor feeding a downstore conveyor running alongside the pile.

- Very robust a reliable design for high capacities · Variable speed for differing reclaim rates
- Automatic operation (optional)

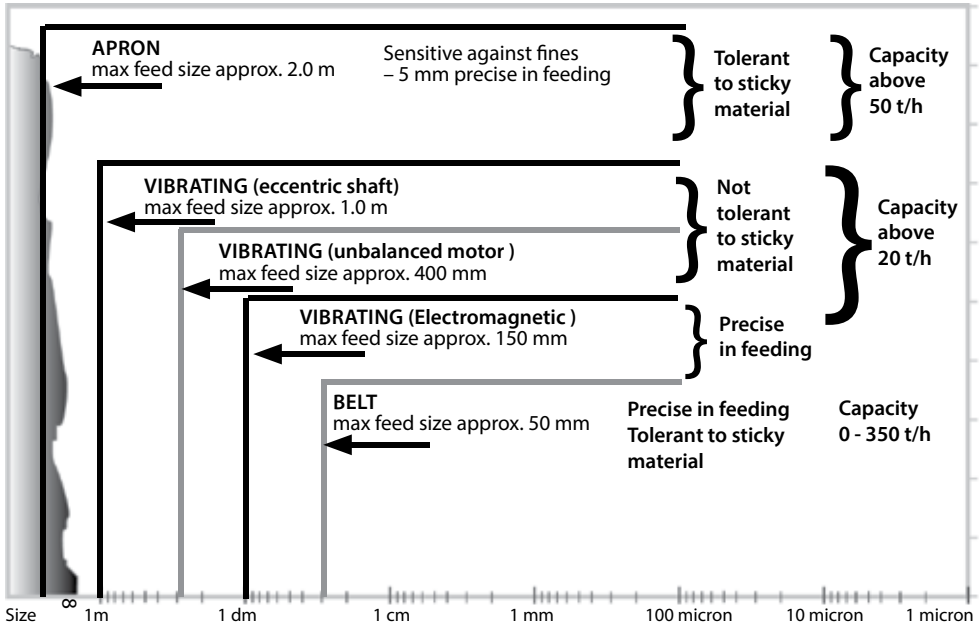


**Feeding**

Feeders are necessary whenever we want to deliver a uniform flow of dry or moist fractions of rock or minerals.

Generally they are categorized by the size of material to be fed, see below.

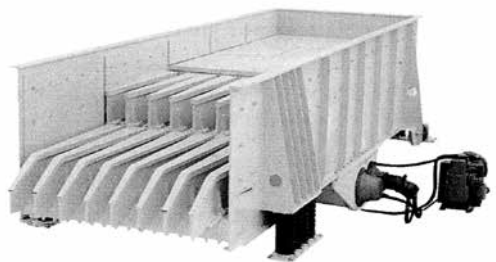
**Feeding vs Feed sizes**



**Primary feeders (For installation under feed bumper hoppers & rail car dumpers)**



*Apron*  
Capacity 300 – 12 000 t/h

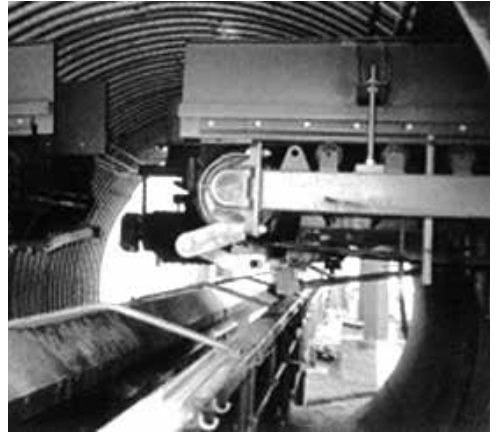


*Vibrating*  
Capacity 300 – 1 200 t/h

**"In circuit" feeders (For installations under ore stockpiles, bins & crusher dischargers)**



*Apron*  
Capacity 50 – 3 000 t/h



*Belt*  
Capacity 80 – 350 t/h



*Vibrating (eccentric shaft)*  
Capacity 30 – 600 t/h

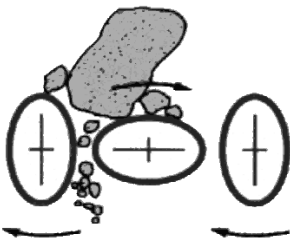


*Vibrating (unbalance motor)*  
Capacity 55 – 460 t/h

See also data sheets 7:10 - 7:14.

**Wobbler feeders**

Feeding and scalping - when things get sticky!



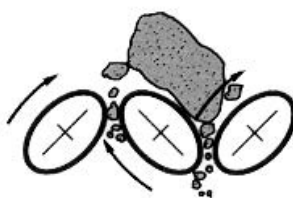
Openings between elliptical bars remain constant

**Size range**

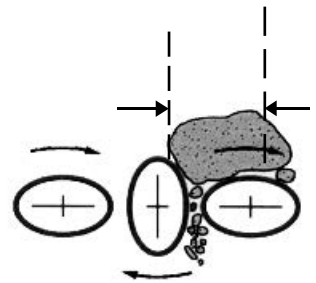
- See apron and table feeders

**Applications**

- Wet and sticky for: metallic, industrial and construction minerals



Fines, mud or dirt drop through the openings



Oversize moves forward

**Pitch (scalping)**

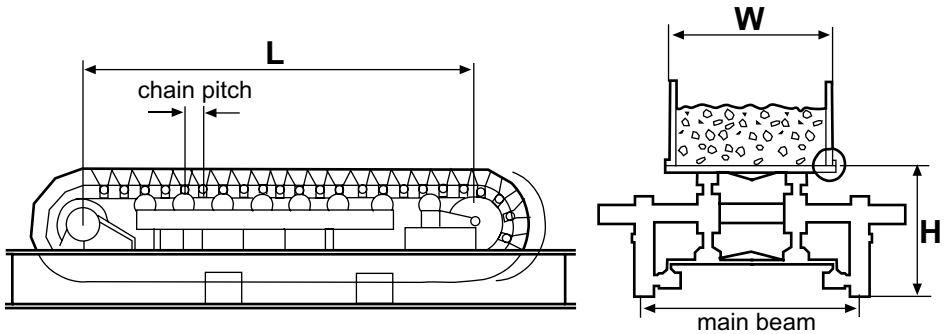
- Fixed and adjustable

**Capacity range**

- Up to 3 500 t/h (5 sizes)

See data sheet 7:15.

**Feeder – Apron**



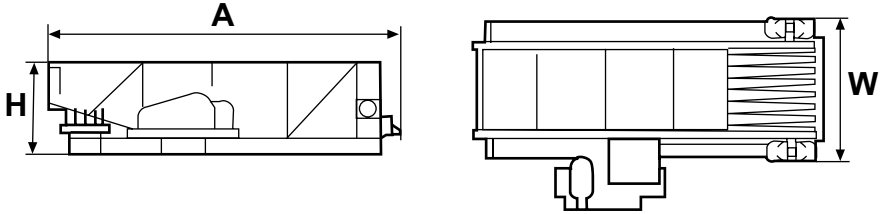
Model	AF 4	AF 5	AF 8	AF 10	AF 12	AF 14	AF 16	AF 18
Width (pan)	Weight*	Weight*	Weight*	Weight*	Weight*	Weight*	Weight*	Weight*
mm/inch	ton/lbs	ton/lbs	ton/lbs	ton/lbs	ton/lbs	ton/lbs	ton/lbs	ton/lbs
610/24	4.1/9 280							
762/30	4.3/9 734	5.1/11 580						
914/36	4.6/10 300	5.8/1 306						
107/42	4.8/10 840	6.3/14 020						
1219/48	5.6/12 610	6.6/14 850	8.6/19 160					
1372/54	6.0/13 430	7.1/15 840	9.1/20 440	11.8/26 470				
1524/60	6.5/14 480	7.5/16 770	9.9/22 080	12.7/28 340	17.1/38 360			
1829/72	7.6/16 930	8.8/19 600	11.5/25 870	13.9/31 080	18.4/41 120	22.7/50 800		
2134/84	8.1/18 070	9.8/22 060	12.8/28 630	16.2/36 260	19.8/44 330	25.3/56 780	51.1/11 4400	
2438/96	8.8/19 650	11.4/25 450	14.2/31 850	17.5/39 120	21.1/47 210	27.0/60 550	56.1/12 5630	
2743/108	9.8/21 860	12.5/27 960	15.1/33 750	18.5/41 480	24.3/54 540	32.0/71 770	62.3/13 9650	66.3/14 6220
3048/120	10.7/24 010	13.4/29 950	16.1/36 100	21.3/47 710	25.6/57 442	32.9/73 730	63.9/14 3240	65.9/14 7660
3353/132						34.6/77 540	66.8/14 9730	68.7/15 3880

\*Approx. weight of an Apron feeder, length 3 m (10ft) excl. load, skirts, chutes etc. For each additional feet (or 0.3 m) add 7 % in weight.

Feed size approx, 50% of pan width. Capacity range 50 - 12 000 t/h

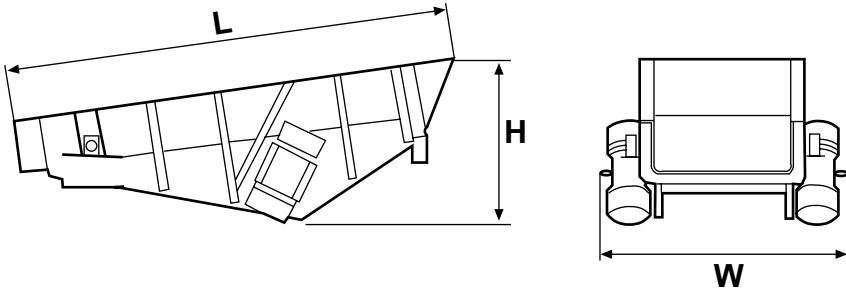
Model	AF 4	AF 5	AF 8	AF 10	AF 12	AF 14	AF 16	AF 18
Chain pitch mm (inch)	140 (5.5)	171 (6.8)	202 (8.0)	216 (8.5)	229 (9.0)	260 (10.3)	260 (10.3)	317 (12.5)
Main beam width mm (inch)	Width pan +356 (14)	Width pan +457 (18)	Width pan +457 (18)	Width pan +457 (18)	Width pan +508 (20)	Width pan +584 (23)	Width pan +584 (23)	Width pan +610 (24)
Feeder length	suitable	suitable	suitable	suitable	suitable	suitable	suitable	suitable
Height (H) mm (inch)	889 (35)	1 041 (41)	1 268 (50)	1 372 (54)	1 625 (64)	1 753 (69)	1 803 (71)	on site demands

**Feeder – Vibration (linear motion)**



Model (VMHC)*	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight ton	Capacity ton/h	Max. size mm (inch)
48/12	1 300 (51)	5 200 (205)	2 050 (81)	6.8	280 - 400	650 (26)
48/15	1 300 (51)	5 160 (203)	2 350 (93)	10.0	420 - 600	850 (33)
60/10	1 870 (74)	6 800 (268)	1 860 (73)	13.2	250 - 350	500 (20)
60/12	1 870 (74)	6 800 (268)	2 060 (81)	14.0	280 - 400	650 (26)
60/15	1 950 (77)	6 800 (268)	2 380 (94)	15.0	420 - 600	850 (33)
60/18	1 650 (65)	6 550 (258)	2 680 (106)	16.5	550 - 800	1 000 (39)
72/21	2 250 (89)	7 800 (307)	2 980 (117)	21.5	700 - 1200	1 000 (39)

\* One, two or three grizzly sections as option depending on size

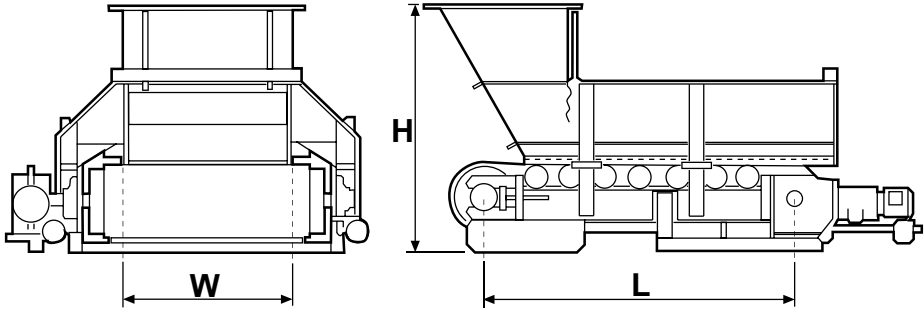
**Feeders – Unbalanced motor**

Model (VMO)	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm/inch	Weight ton	Capacity* ton/h*
15/6.5 - 3014	780 (31)	1 770 (70)	1 260/50	0.5	30 – 160
17.5/8 - 40	830 (33)	2 050 (81)	1 410/56	0.7	40 – 210
20/10 - 40	950 (37)	2 300 (91)	1 670/66	1.1	60 – 320
30/10 - 40	1 000 (39)	3 300 (130)	1 670/66	1.5	60 – 300
30/10 - 45	1 000 (39)	3 300 (130)	1 720/68	1.7	100 – 500
20/12.5 - 45	950 (37)	2 300 (91)	1 030/41	1.3	90 – 550
25/12.5 - 45	1 050 (41)	2 790 (110)	1 970/76	1.8	90 – 550

\* Capacity at 8° inclination. feed moist sand 1-7mm (16-3 mesh)

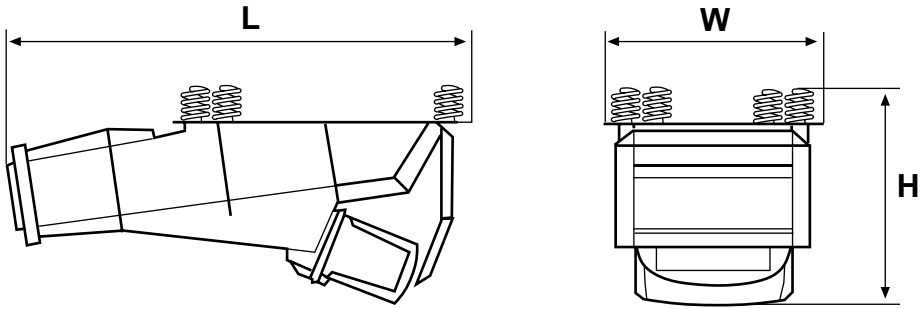


**Feeder – Belt**



Model (VMO)	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm/inch	Weight ton	Capacity* ton/h*
10/4.5	1 050 (41)	1 000 (39)	450 (18)	0.64	180
15/4.5	1 050 (41)	1 500 (59)	450 (18)	0.71	180
20/4.5	1 050 (41)	2 000 (78)	450 (18)	0.80	180
10/6	1 200 (47)	1 000 (39)	600 (24)	0.77	250
15/6	1 200 (47)	1 500 (59)	600 (24)	0.89	250
20/6	1 200 (47)	2 000 (78)	600 (24)	0.94	250
10/8	1 200 (47)	1 000 (39)	800 (31)	0.98	350
15/8	1 200 (47)	1 500 (59)	800 (31)	1.10	350
20/8	1 200 (47)	2 000 (78)	800 (31)	1.20	350

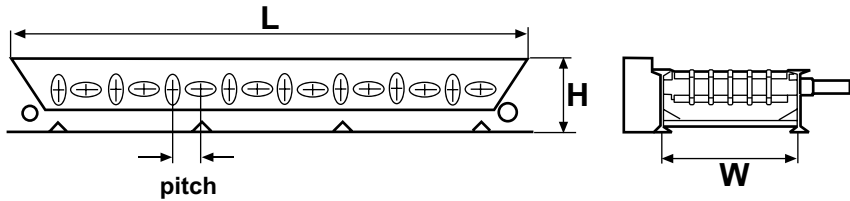
\* Max feed size 50 mm (2")

**Feeder – Electromagnetic**

Model (VMm)	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm/inch	Weight ton	Capacity* ton/h*
6/4-8D	455 (18)	825 (32)	510 (20)	60 (130)	55
11/4-20D	570 (23)	1 260 (50)	540 (20)	115 (255)	60
8/5.6-20D	650 (26)	1 120 (44)	660 (27)	120 (265)	110
8/5.6 50D	765 (30)	1 120 (44)	660 (27)	195 (425)	150
14/5.6 50D	765 (30)	1 630 (64)	780 (30)	280 (615)	140
12/8-50D	835 (33)	1 580 (60)	950 (37)	330 (730)	230
12/8-100D	1 060 (42)	1 600 (63)	950 (37)	440 (975)	270
18/8-100D	1 060 (42)	2 175 (86)	970 (38)	560 (1235)	270
18/8-2x100D	1 430 (56)	2 170 (85)	970 (38)	795 (1750)	310
14/10-100D	1 105 (44)	1 960 (77)	1 210 (48)	580 (1280)	410
14/10-2x100D	1 485 (58)	1 960 (77)	1 180 (46)	815 (1795)	460
22/10-2x100D	1 485 (58)	2 710 (106)	1 210 (48)	1 170 (2580)	390
18/12.5-2x100D	1 430 (56)	2 395 (94)	1 435 (56)	1 150 (2535)	460

\* Capacity calculated at bulk weight 1600 kg/m<sup>3</sup> (100<sup>3</sup>lb/ft) and size of feed 16-25mm (0.75-1"), inclination 8°, feeder encapsulated. (Non-encapsulated will increase capacity 10%)

**Feeder – Wobbler**



Pitch 175 (7")					
Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight ton	Power kW/hp
609 (24)-14*	429 (17)	2 829 (111)	727 (29)	2.0	5.6/7.5
914 (36)-14*	429 (17)	2 829 (111)	1 032 (41)	2.3	7.5/10.0
1219 (48)-18	429 (17)	3 527 (139)	1 337 (53)	3.1	7.5/10.0
1372 (54)-18	429 (17)	3 527 (139)	1 489 (59)		7.5/10.0
* also with 16 and 18 bars	same	add 349 (14) for each double bar	same	add 10% for each double bar	same

\* 609(24) -14, 609 (24) = width of wobble bars – 14 number of bars.

Max feed size 406 mm (16")

Pitch 229 (9")					
Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight ton	Power kW/hp
914 (36)-16*	648 (26)	4 178 (165)	1 105 (44)	5.4	11/15
1219 (48)-16*	648 (26)	4 178 (165)	1 410 (56)	6.0	11/15
1372 (54)-16*	648 (26)	4 178 (165)	1 562 (62)	6.7	15/20
1524 (60)-16*	648 (26)	4 178 (165)	1 715 (68)	7.7	15/20
1829 (72)-16*	648 (26)	4 178 (165)	2 019 (80)	8.3	15/20
* also with 18, 20 and 22 bars	same	add 457 (18) for each double bar	same	add 10% for each double bar	same

Max feed size 762 mm (30")

Pitch 292 (11.5")					
Model	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight ton	Power kW/hp
914 (36)-16*	648 (26)	5 131 (202)	1 105 (44)	6.6	15/20
1219 (48)-16*	648 (26)	5 131 (202)	1 410 (56)	8.1	15/20
1372 (54)-16*	648 (26)	5 131 (202)	1 562 (62)	8.4	15/20
1524 (60)-16*	648 (26)	5 105 (201)	1 715 (68)	8.6	15/20
1829 (72)-16*	648 (26)	5 105 (201)	2 019 (80)	9.2	15/20
* also with 18, 20 and 22 bars	same	add 584 (23) for each double bar	same	add 10% for each double bar	same

Max feed size 762 mm (30")

**Wobbler feeder also available with 318 mm (12.5") pitch and 368 mm (14.5") pitch for feed size up to 1900 mm (75").**

### Conveying

In this section we will focus on mineral mass flow by conveying, by far the dominating method when transporting dry material in a mineral processing operation.

#### Conveyor – general

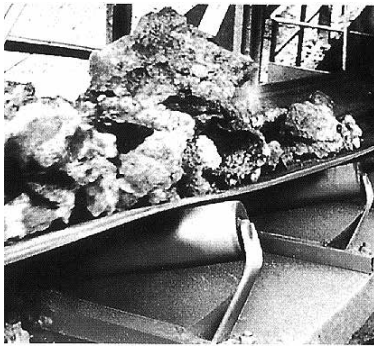
Conveyors are selected from 4 key parameters:

- Tonnage
- Material and size
- Inclination
- Distance

We also must consider wear in operation and the environment (dust, heat, oil or chemicals etc)



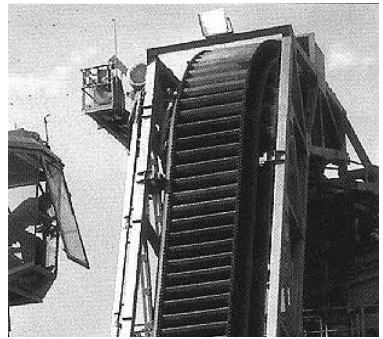
Wear Part



Tonnage and size



Distance

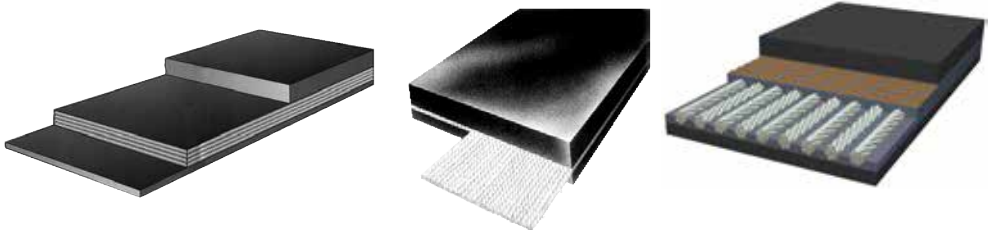


Inclination

#### Conveyor belts

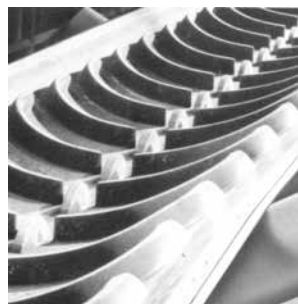
Although the conveyor structure is important, most of the conveying work falls back on the conveyor belt, exposed to the material.

**Flat belts** are dominating, conveying up to a lifting or lowering angle of approx. 18°. Depending on duty the belts are reinforced with different materials (Polyester/ Polyamide, Aramid and Steel Cords), protected by top and bottom covers. The polymer material in the belt (mainly rubber) is selected according to appearance of heavy wear, heat, flames, oil etc.



**Profile belts** must be used when lifting angle is exceeding 18°. With a limitation of approx. 30° different profiles of the top cover must be selected to prevent bulk material or unit loads from sliding backward. Otherwise reinforcement and material selection criteria are similar as for flat belts above.

See  
data  
sheet  
7:20

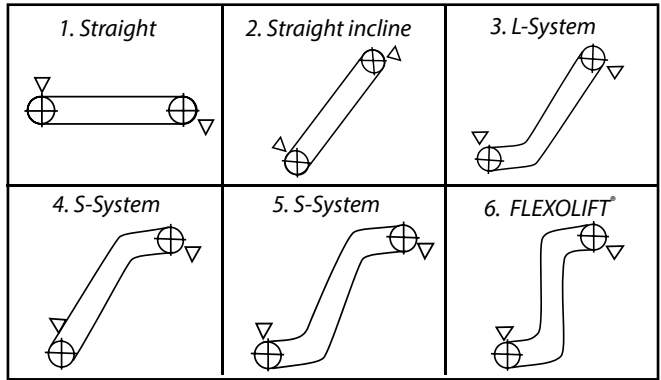


## Conveying systems

### Vertical conveyor system "When space is critical"

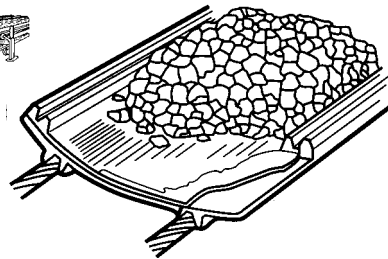
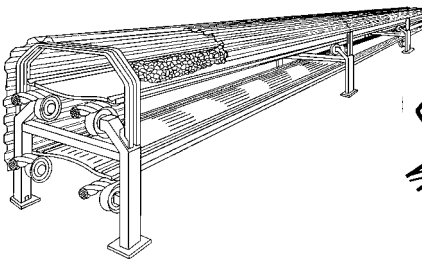
Vertical conveying systems normally is the only option when lifting angle is exceeding 30°. The system is very flexible and gives a number of transportation solutions when space and lifting angles are critical.

See data sheet 7:21



### Cable Belt® conveyor system "When distance is critical"

Conveying with high capacities over long distances means that conventional conveying systems are out. An alternative to truck hauling is Cable Belt® conveyors which become competitive from, say, 500 m and upwards taking on capacities from 500 up to 5000t/h.

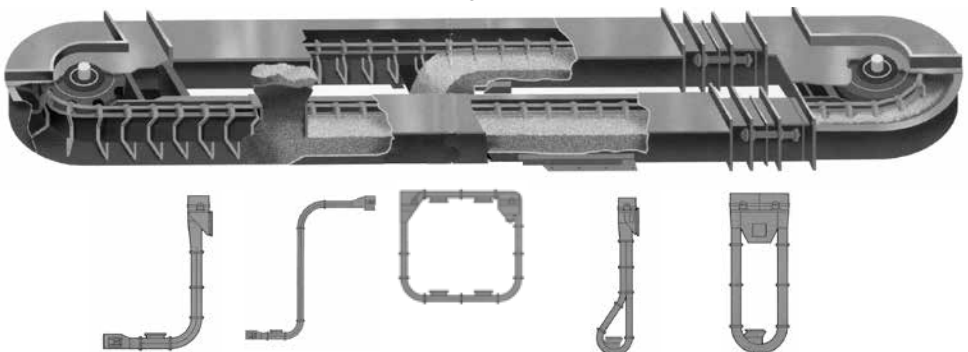


See also 7:21

### En-masse conveying system "When dust and emissions are critical"

Transportation of free-flowing bulk material with or without gas emissions or high temperatures places special demands on the conveyor system. En-Masse conveying system is aiming at gentle handling and a closed material flow system for transportation in all directions. Material moves in a solid placid column along with the conveying chain equipped with different types of conveying flights depending on duty.

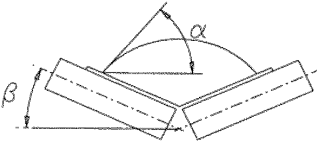
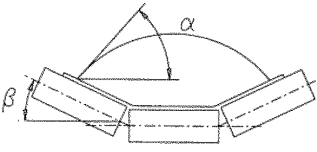
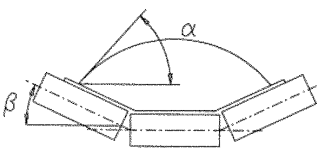
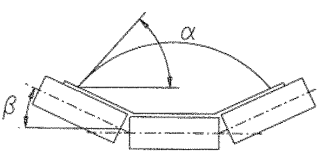
Configurations



## Materials handling

### Conveyor capacities

In order to estimate the capacity and max. recommended inclination of a conventional conveyor the figures below can be of use.

Conveyor capacity in m <sup>3</sup> per hour by belt speed 1 m/sec						
Angle of idler sets $\beta$	Material-angle $\alpha$	Belt width				
		500	650	800	1000	1200
 25°	0°	61	-	-	-	-
	5°	72	-	-	-	-
	10°	84	-	-	-	-
	15°	96	-	-	-	-
	20°	108	-	-	-	-
	25°	122	-	-	-	-
 15°	0°	-	60	95	162	239
	5°	-	85	134	226	334
	10°	-	110	173	291	430
	15°	-	136	213	358	530
	20°	-	163	256	428	634
	25°	-	192	300	503	745
 25°	0°	-	96	151	256	378
	5°	-	119	187	316	466
	10°	-	142	224	376	555
	15°	-	166	261	439	647
	20°	-	192	300	504	743
	25°	-	218	343	574	846
 30°	0°	-	112	175	300	442
	5°	-	134	209	356	526
	10°	-	156	244	413	610
	15°	-	179	280	472	698
	20°	-	203	318	535	790
	25°	-	229	358	600	887
	30°	-	257	400	673	993

### Volume weight and angle of inclination

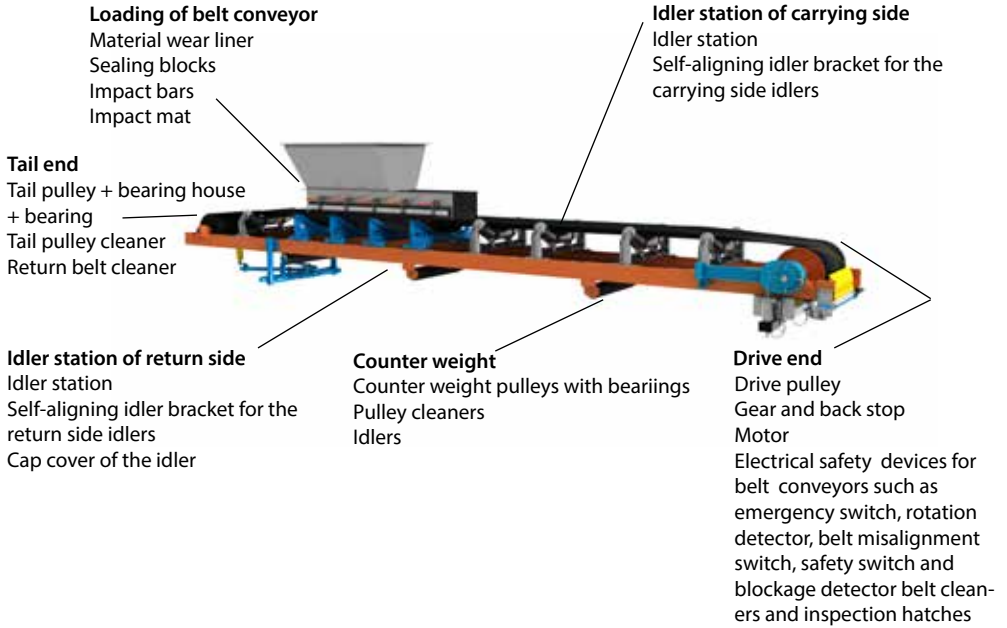
The capacity and the inclination of the conveyors depend on the character of the material to be conveyed.

Material	Volume weight in tons/cbm.	Max. inclination in degrees	Material	Volume weight in tons/cbm.	Max. inclination in degrees
Bauxit, crushed	1.3	18	Iron ore, moist	3.5	20-22
Briquettes, normal	0.7-0.82	15-18	Iron ore, primary crushed	2.0-3.0	18
Briquettes, oviform	0.7-0.82	12-13	Iron ore, secondary crushed	2.4-3.5	22
Cement	1.2-1.6	20-22	Kaolin	1.0	19
Cement clinkers	1.2-1.3	18	Lime, lumps	1.05-1.15	23
Chalk, crushed	1.2-1.4	18	Lime, powder	1.0-1.2	21-23
Charcoal	0.2-0.25	18	Limestone, crushed	1.3-1.5	18
Clay, lumps, moist	1.5-1.7	18	Manganese ore	2.0-2.25	18
Clinkers	1.2-1.5	18	Marble, crushed	1.5-1.6	18
Coal, bituminous, fine	0.67-0.75	15-20	Peat	0.4-0.6	16
Coal, bituminous, moist	0.67-0.75	18-20	Potash	1.1-1.6	18
Coal, pit coal	0.7-0.8	18-20	Pyrites, crushed	2.2	20
Coke	0.4-0.67	18-20	Rubble	1.7-2.1	20-22
Concrete, moist	1.6-2.2	24-27	Salt, fine	1.1-1.3	15
Dolomit stone	1.4-1.6	18	Salt, rock salt	1.0-1.2	18-24
Earth, dry	1.2-1.3	20	Sand, dry	1.5	15
Earth, moist	1.5-1.7	23	Sand, moist	2.0	22
Fertilizers	0.9-1.2	20	Sinter	1.4	12
Granite, broken	1.5-1.6	18	Sinter, coal sinter	3.5	-
Gravel, dry	1.45-1.55	15	Slag, coarse	0.75-0.9	18
Gravel, moist	1.6-1.75	18	Slate, crushed	1.2-1.35	18-20
Gypsum, lumps	1.4-1.6	18	Soot	0.4-0.8	-
Gypsum, powder	0.95-1.05	23	Splinters	0.2-0.48	22-24
Iron ore, dry	2.5	18-20	Stone, crushed	1.5-1.6	18

## Conveyor – More than a rubber belt

The conveyors are the working horses of every dry processing plant in mineral processing, of key importance to keep the process flow stable.

Pictures below indicate the vital parts of the conveyor and the critical service points to be checked regularly for reliable operation.



## Conveyor – service points

**Belt splice damages?**  
- check vulcanizing products

**Spillage?**  
- check loading point

**Belt slippage?**  
- check pulley lagging

**Misaligned belt?**  
- check belt conductor

**Pinching accidents?**  
- check return roll guard

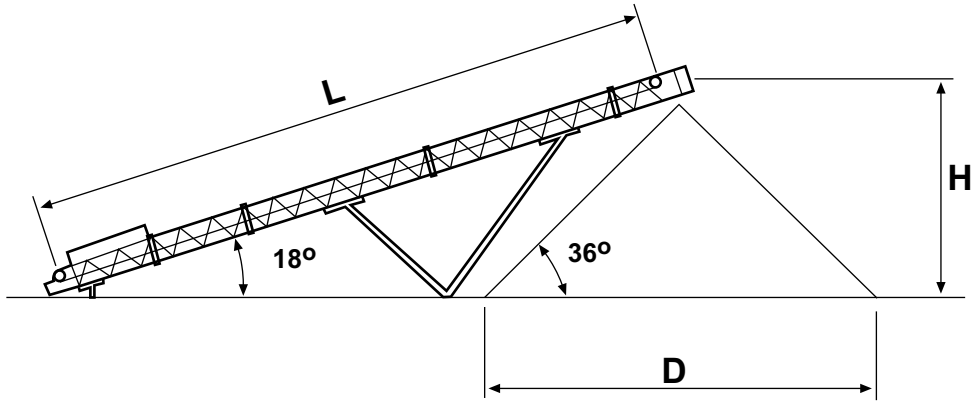


**Impact damages?**  
- check loading point

**Carry Back?**  
- check belt cleaners

**Dust?**  
- check dust sealing

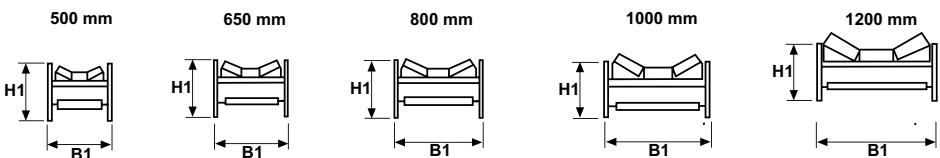
**Conveyor – Standard belt**



L m (ft)	H m (ft)	D mm (ft)	Volume m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )
6 (20)	2.4 (7.8)	6.5 (21.3)	26 (918)
7 (23)	2.7 (8.9)	7.3 (24.0)	38 (1 342)
8 (26)	3.0 (9.8)	8.2 (26.9)	53 (1 872)
9 (30)	3.3 (10.8)	9.0 (30.0)	71 (2 507)
10 (33)	3.6 (11.8)	9.9 (32.5)	93 (3 284)
12 (40)	4.2 (13.8)	11.6 (38.1)	149 (5 263)
14 (46)	4.8 (15.7)	13.3 (43.6)	225 (7 946)
16 (52)	5.4 (17.7)	15.0 (49.2)	323 (11 407)
18 (60)	6.1 (20.0)	16.7 (54.8)	446 (15 750)
20 (66)	6.7 (22.0)	18.4 (60.4)	596 (21 048)
22 (72)	7.3 (24.0)	20.1 (65.9)	777 (27 440)
24 (80)	7.9 (26.0)	21.8 (71.5)	992 (35 032)
26 (85)	8.5 (28.0)	23.5 (77.1)	1 243 (43 896)
28 (92)	9.2 (30.2)	25.2 (82.7)	1 533 (54 137)
30 (99)	9.8 (32.2)	26.9 (88.3)	1 865 (65 862)
35 (115)	10.8 (35.4)	31.1 (102.0)	2 861 (101 135)
40 (132)	12.9 (42.3)	35.4 (116.1)	4 232 (149 452)
45 (148)	14.4 (47.2)	39.7 (130.2)	5 942 (209 840)
50 (164)	16.0 (52.0)	44.0 (144.0)	8 109 (286 367)

**Frame height (H1) – width (B1)**

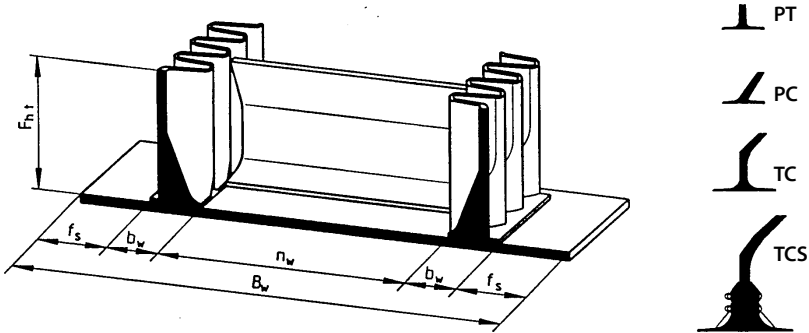
Lenght (belt) m/ft	Belt width 500 mm/20 in H1 - B1 mm/in	Belt width 650 mm/26 in H1 - B1 mm/in	Belt width 800 mm/32 in H1 - B1 mm/in	Belt width 1000 mm/40 in H1 - B1 mm/in	Belt width 1200 mm/47 in H1 - B1 mm/in
6-14/20-46	800/32-890/35	800/32-1040/41	800/32-1240/49	800/32-1440/57	800/32-1690/67
15-24/49-79	800/32-890/35	800/32-1040/41	800/32-1240/49	800/32-1440/57	800/32-1690/67
25-30/82-98	1210/48-950/37	1210/48-1100/43	1210/48-1300/51	1210/48-1500/59	1210/48-1750/69
30-50/82-164	1210/48-950/37	1210/48-1100/43	1210/48-1300/51	1210/48-1500/59	1210/48-1750/69





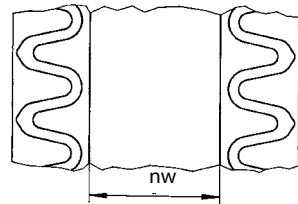
## Vertical conveyor system

The vertical conveyor systems for material transportation is an engineered system with many variations. Below you will find some basic data covering the belt, the sidewalls and the cleats to be considered.

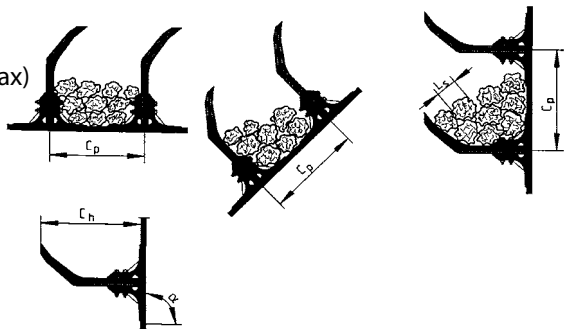


- Belt width: (Bw)** depending on net width (see below)
- Free lateral space: (fs)** depending on belt deflection discs
- Net belt width: (nw)** depending on material size, see below
- Sidewall height: (Fht)** depending on material size, see below
- Sidewall width: (bw)** depending on sidewall height above
- Cleat type:** depending on duty, see below
- Cleat height: (Ch)** depending on material size, see below
- Cleat pitch: (Cp)** depending on material size, see below
- Material (Lump) size: (Ls)**

**Net belt width: nw** (min) ~ 2,1xLs (max.)



**Cleat pitch: Cp** (min) ~ 1,5xLs (max)



**Cleat height: Ch** (min) ~ Ls  
( $\alpha/100+0.5$ )

**Cleat types:** PT height 20 – 110 mm (0,8 – 4,3 inch), PC height 35 – 180 mm (1,4 – 7,1 inch)  
TC height 110 – 160 mm (4,3 – 10,2 inch), TCS height 400 – 500 mm (16 – 20 inch)

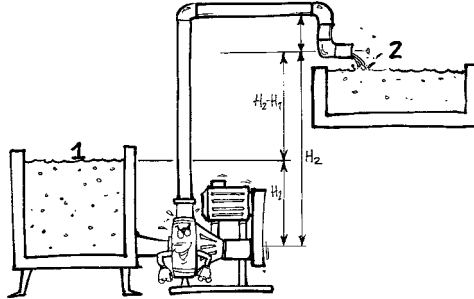
Sidewall heights **Fht** from 40mm (1,6 inch) to 630 mm (25 inch)



## Slurry Handling – Introduction

### Hydraulic transportation of solids

In all wet industrial processes "hydraulic transportation of solids" is a technology, moving the process forward between the different stages of Liquid / Liquid mixing, Solid / Solid separation, Liquid / Liquid separation, etc.

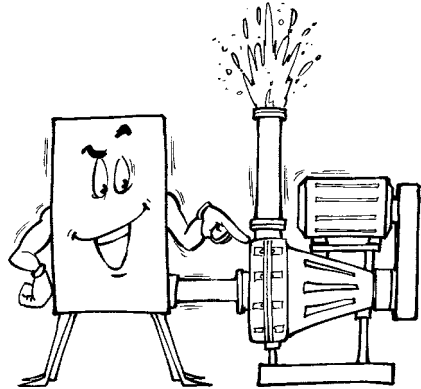


### What type of solids?

Solids can be almost anything that is

Hard • Coarse • Heavy • Abrasive • Crystalline • Sharp • Sticky • Flaky • Long • Fibrous  
• Frothy

*You name it - it can be transported hydraulically!*



### What type of liquids?

In most applications the liquid is only the "carrier". In **98% of the industrial applications the liquid is water.**

Other types of liquids may be chemical solutions like acids and caustics, alcohol, light petroleum liquids (kerosene), etc.

### Definition of a slurry

The mixture of solids and liquids is normally referred to as a "slurry" or "pulp"!

A slurry can be described as a two phase medium (liquid/solid).

Slurry mixed with air (common in many chemical processes) is described as a three phase fluid medium (liquid/solid/gas).

## Slurry handling

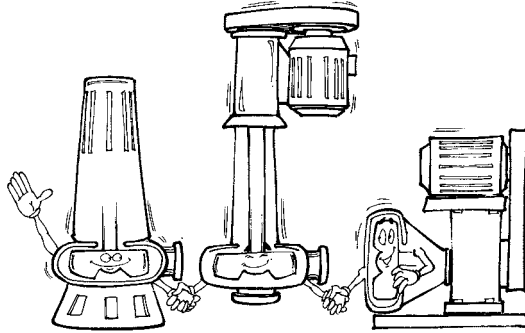
### *What are the limitations in flow?*

In theory there are no limits to what can be hydraulically transported. Just look at the performance of hydraulic transportation of solids in connection with the glaciers and the big rivers!

In practice the limitations in **flow** for a slurry pump installation are from **1 m<sup>3</sup>/hour (4 GPM)** up to **20 000 m<sup>3</sup>/hour (88 000 GPM)**

The lower limit is determined by the efficiency drop for smaller pumps.

The higher limit is determined by the dramatic increase of costs for large slurry pumps (compared to multiple pump installations).

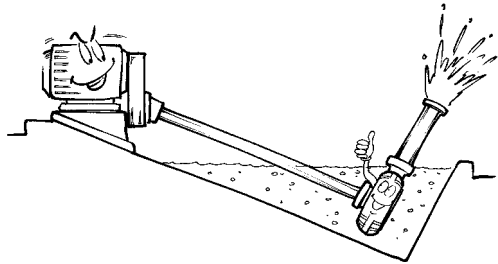


### *What are the limitations for solids?*

The limitation for the solids is the geometrical shape and size and the risk of blocking the passage through a slurry pump.

The maximum practical **size** of material to be mass transported in a slurry pump is approximately **50 mm (2 inch)**.

However, individual lumps of material passing through a large dredge pump can be up to **350 mm (14 inch)** (depending of the dimensioning of the wet end).



### *Slurry pumps as an operation concept*

Of all centrifugal pumps installed in the process industry the ratio between slurry pumps and other pumps for liquid is 5:95

If we look at the operating costs for these pumps the ratio is nearly the opposite **80:20**

This gives a very special profile to slurry pumping and the market concept has been formulated as follows:

*"Install a pump on clean liquid and forget about it!"*

*"Install a pump on slurry and you have a service potential for the rest of its life!"*

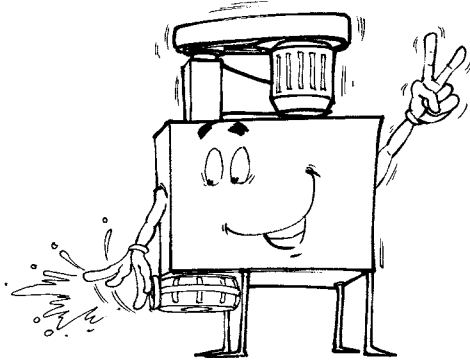
This is valid both for the end user and the supplier.

## Basic definitions

### Why slurry pumps?

By definition slurry pumps are heavy and robust versions of centrifugal pumps, capable in handling tough and abrasive duties.

"A slurry pump should also be considered as a generic term, to distinguish it from other centrifugal pumps mainly intended for clear liquids".



### Slurry pump – name by duty

The term slurry pump, covers various types of heavy duty centrifugal pumps used for hydraulic transportation of solids.

A more precise terminology is to use the classification of solids handled in the various pump applications.

**Slurry pumps** cover pumping of mud/clay, silt and sand in the size range of solids up to 2 mm (9 mesh)

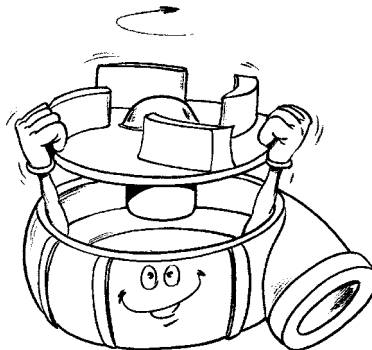
#### Size ranges are:

Mud/clay:	minus 2 microns
Silt:	2 – 50 microns
Sand, fine:	50 – 100 microns (270 – 150 mesh)
Sand, medium:	100 – 500 microns (150 – 32 mesh)
Sand, coarse:	500 – 2 000 microns (32 – 9 mesh)

**Sand & gravel pumps** cover pumping of shingle and gravel in the 2 – 8 mm (9 – 2,5 mesh) size range

**Gravel pumps** cover pumping of solid sizes up to 50 mm (2 inch).

**Dredge pumps** cover pumping of solid sizes up to and above 50 mm (2 inch).



## Slurry handling

---

### ***Slurry pump – name by application***

Process applications also provide the terminology, typically

**Froth pumps** define by application the handling of frothy slurries, mainly in flotation.

**Carbon transfer pumps** define the gentle hydraulic transportation of carbon in CIP (carbon in pulp) and CIL (carbon in leach) circuits.

**Sump pumps**, also an established name typically operating pumps from floor sumps, submerged pump houses, but having dry bearings and drives.

**Submersible pumps**, the entire unit, including drive, is submersed.

### ***All slurry pumps are in practice named after the given application:***

- Slurry pumps • Gravel pumps • Dredge pumps • Sump pumps • Froth pumps
- Carbon Transfer pumps • Submersible pumps

### ***There are principally three different designs:***

- Horizontal and vertical tank (dry installation) • Vertical sump (semi dry installation)
- Tank (dry installation) • Submersible (wet installation)

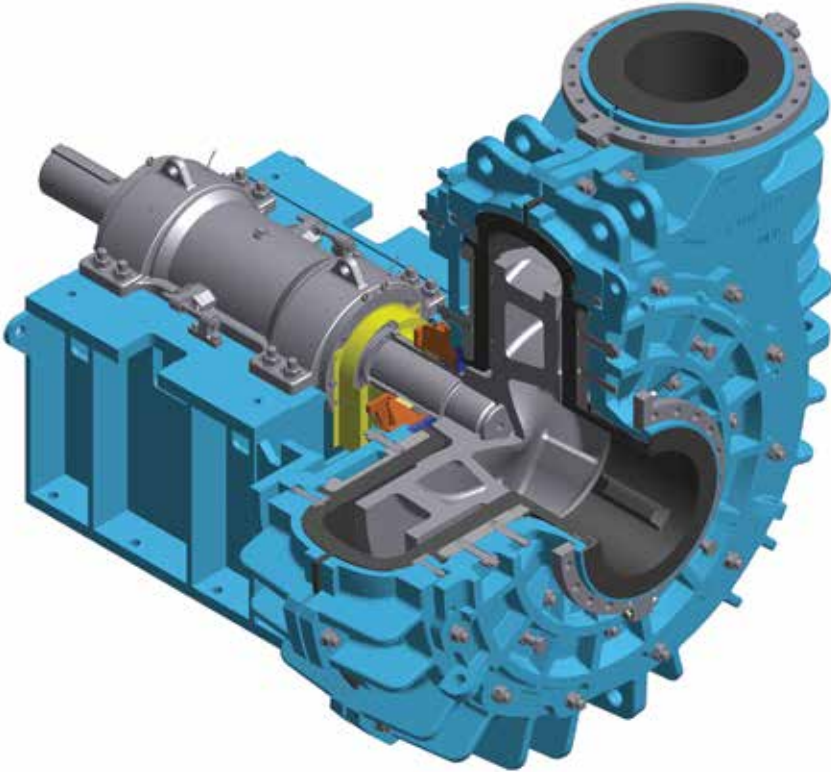
### ***Slurry pump designs are selected and supplied according to the wear conditions***

- Highly abrasive • Abrasive • Mildly abrasive



## Slurry pump range MD

*The Metso series hard metal and rubber lined mill discharge pumps*



### Summary of design features

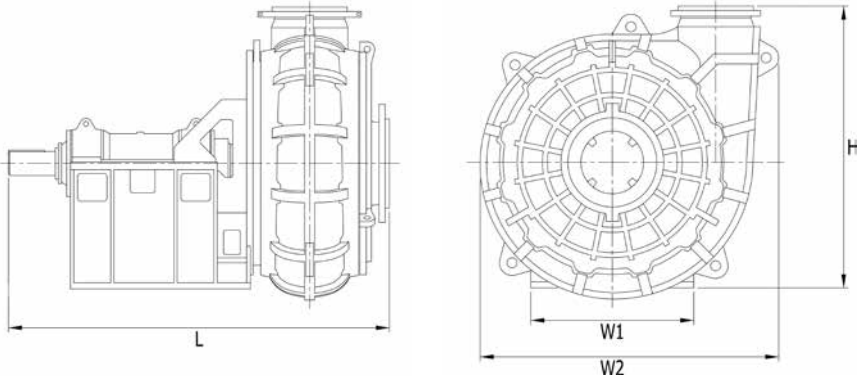
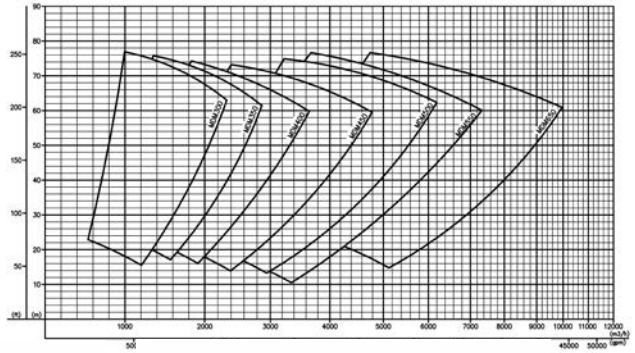
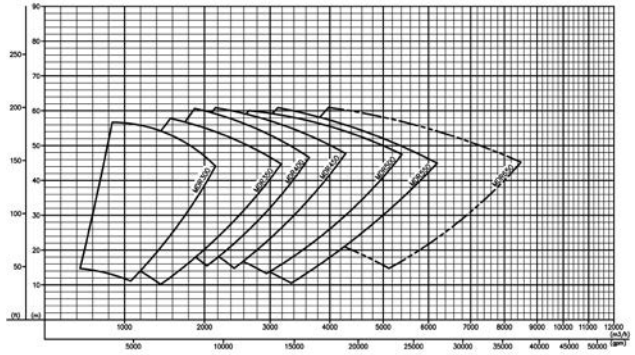
- High sustained efficiency
- Even hydraulic wear
- Longer operating life
- Oversized robust steel shaft
- Extra thick casings and liners at known points of wear
- Back pull-out option for ease of maintenance
- Self contained oil or grease lubricated bearing cartridge assembly with non contact labyrinth seals for maintenance free operation
- Bearing housing arranged to accept temperature and vibration sensors
- Split stuffing box gland and gland guard
- Various shaft seal options including Metso EnviroSet™
- Modular design with good interchangeability of parts
- Loose steel flange connections

See data sheets on next page.

## Slurry handling

### Slurry pump range MD

#### Selection charts



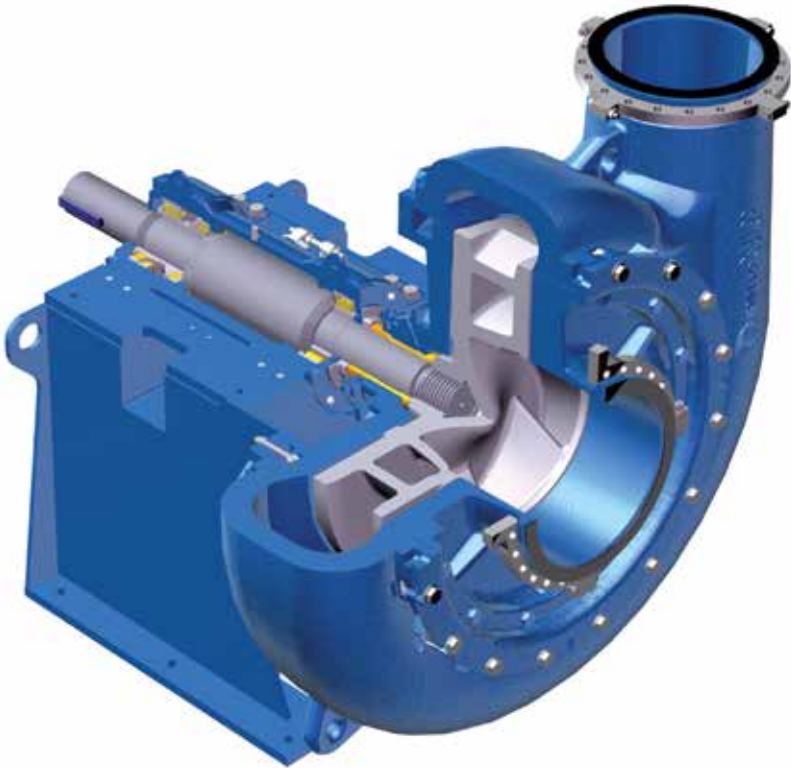
Model	Inlet		Outlet		H		L		W1		W2		Weight *	
	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	kg	lb
MDM300	300	12	250	10	1400	55,1	2246	88,4	900	35,4	1485	58,5	4845	10660
MDM350	350	14	300	12	1750	68,9	2473	97,3	1000	39,4	1678	66,1	7655	16840
MDM400	400	16	350	14	1940	76,4	2876	113,2	1300	51,2	1915	75,4	12065	26545
MDM450	450	18	400	16	2020	79,5	2940	115,7	1300	51,2	2104	82,8	14245	31335
MDM500	500	20	450	18	2145	84,4	3042	119,7	1300	51,2	2380	93,7	18105	39830
MDM550	550	22	450	18	2145	84,4	3059	120,4	1300	51,2	2380	93,7	18130	39885
MDR300	300	12	250	10	1300	51,2	1830	72,0	940	37,0	1519	59,8	3045	6700
MDR350	350	14	300	12	1346	53	2215	87,2	900	35,4	1772	69,8	4680	10300
MDR400	400	16	350	14	1940	76,4	2876	113,2	1300	51,2	1915	75,4	10610	23395
MDR450	450	18	400	16	2020	79,5	2940	115,7	1300	51,2	2227	87,7	12525	27560
MDR500	500	20	450	18	2145	84,4	3042	119,8	1300	51,2	2519	99,2	17460	38415
MDR550	550	22	450	18	2145	84,4	3059	120,4	1300	51,2	2519	99,2	17470	38435

\* Bare shaft pump weight



## Slurry pump range XM

*The Thomas series of extra heavy duty hard metal slurry pumps*



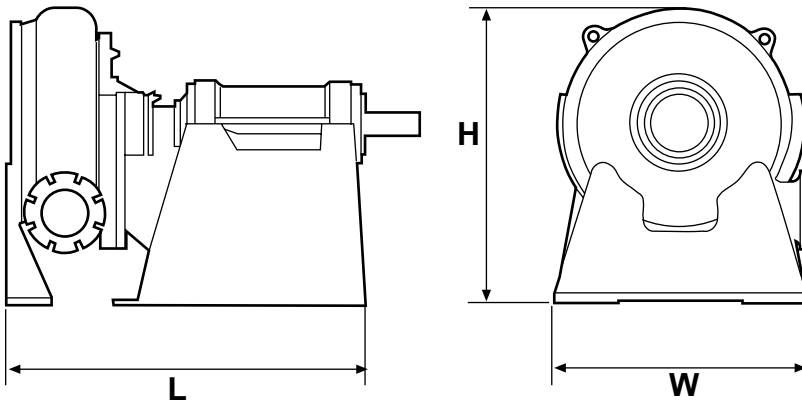
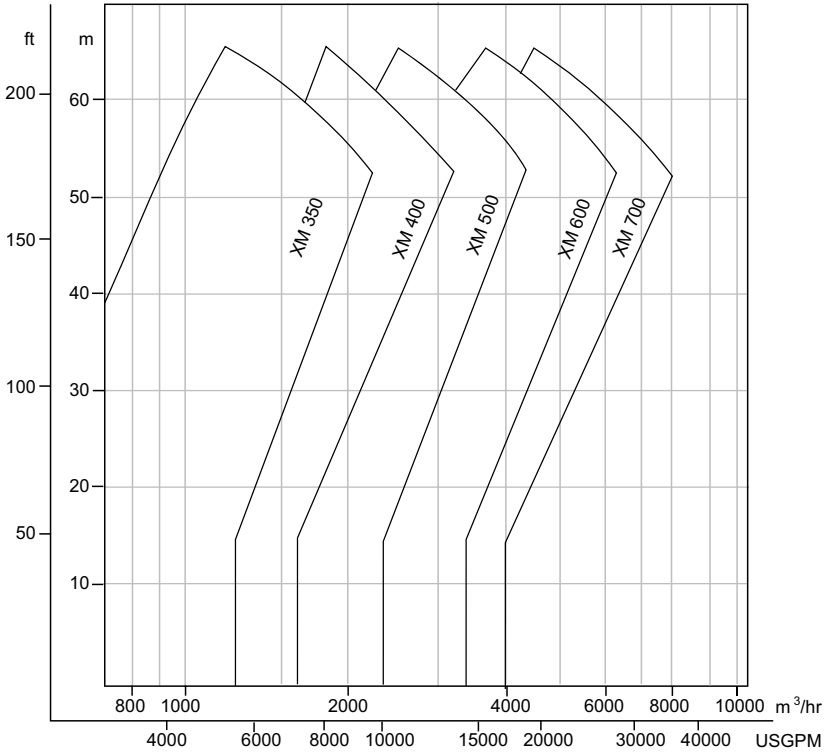
### *Summary of design features*

- Modular design technology
- Robust construction designed for highly abrasive, maximum duty
- Thick volute casings and heavy duty solids handling impellers, with high aspect ratio, and carefully matched, high efficiency, hydraulics for even wear
- Materials used are the very best available, providing both excellent wear properties and corrosion resistance
- Self contained bearing cartridge assembly with oversized shaft and grease/oil lubricated anti-friction bearings
- Various shaft seal options
- Ease of maintenance
- Maintenance slide base option

See technical data on next page.

Slurry pump – XM

Selection chart



Model	Inlet	Outlet	H	L	W	Weight*	
	mm (inch)	mm (inch)				ton	lb
XM350	350 (14)	300 (12)	1 727 (68)	1 808 (71)	1 110 (44)	5,0	11 023
XM400	400 (16)	350 (14)	1 881 (74)	1 980 (78)	1 204 (47)	6,7	14 770
XM500	500 (20)	450 (18)	2 150 (85)	2 145 (84)	1 380 (54)	9,8	21 649
XM600	600 (24)	550 (22)	2 468 (97)	2 308 (91)	1 566 (62)	14,9	33 014
XM700	700 (28)	650 (26)	2 560 (100)	2 324 (91)	1 565 (62)	19,9	43 940

\* Bare shaft weight

Slurry handling

## Slurry pump range XR and VASA HD

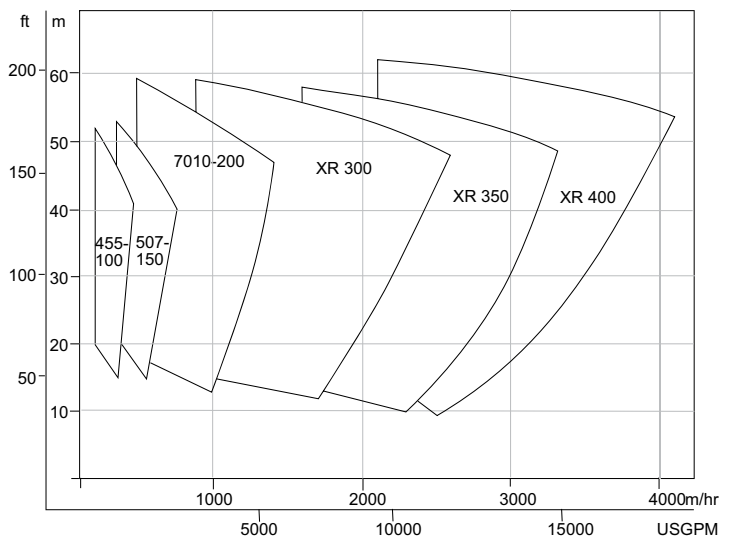
*The Thomas and Sala series of extra heavy duty rubber lined slurry pumps*



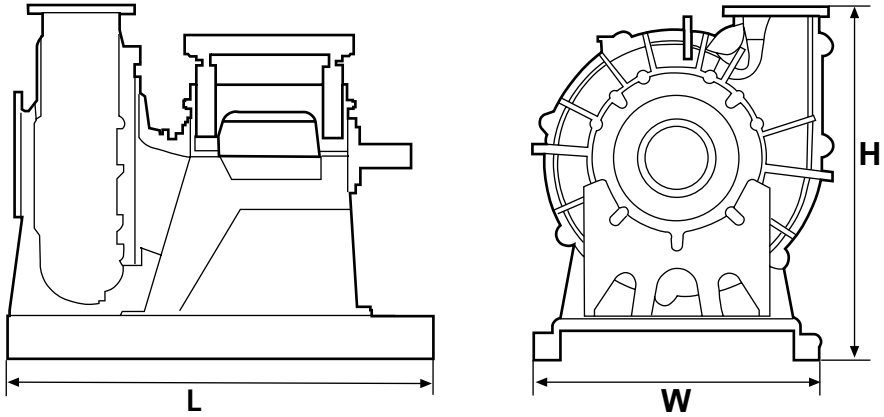
### Summary of design features

- Modular design technology
  - Robust construction, with “back pull-out” feature, designed for highly abrasive, maximum duty and aggressive environments
  - Maintenance slide base
  - Thick volute casing liners and heavy duty solids handling impellers with high aspect ratio, and carefully matched, high efficiency, hydraulics for even wear
  - Materials used are the very best available, providing both excellent wear properties and corrosion resistance.
  - Self-contained bearing cartridge assembly with oversized shaft and grease lubricated anti-friction bearings
  - Various shaft seal options
  - Ease of maintenance
- See data sheets on next page.

### Selection chart



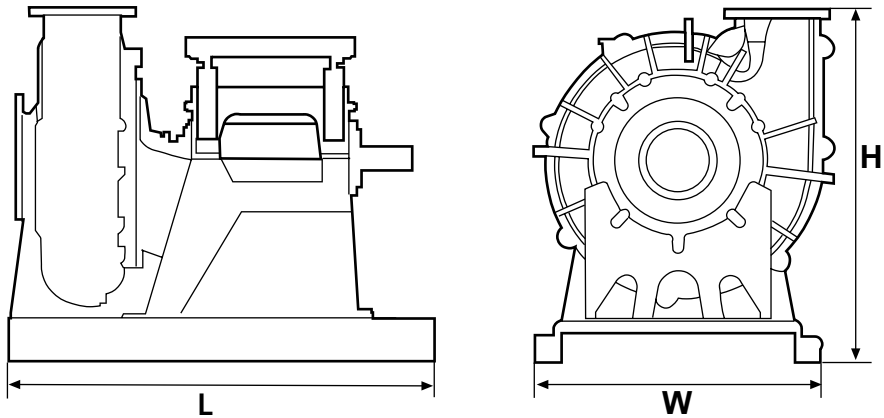
**Slurry pump – XR**



Model	Inlet	Outlet	H	L	W	Weight*	
	mm (inch)	mm (inch)				ton	lb
XR300	300 (12)	250 (10)	1340 (53)	1827 (72)	940 (37)	3,0	6 720
XR350	350 (14)	300 (12)	1 727 (68)	1 808 (71)	1 110 (44)	4,2	9 305
XR400	400 (16)	350 (14)	1 881 (74)	1 980 (78)	1 204 (47)	5,3	11 823

\* Bare shaft weight

**Slurry pump – VASA HD**



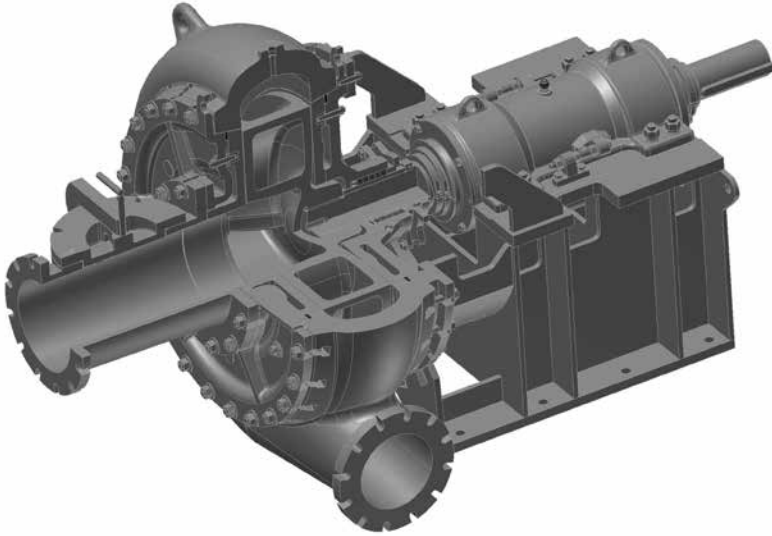
Model	Inlet	Outlet	H	L	W	Weight*	
	mm (inch)	mm (inch)				ton	lb
VASA HD455-100	150 (6)	100 (4)	825 (33)	1171 (46)	610 (24)	0,9	2 016
VASA HD507-150	200 (8)	150 (6)	1 055 (42)	1 554 (61)	700 (28)	1,5	3 360
VASA HD7010-200	250 (10)	200 (8)	1 400 (55)	1 724 (68)	950 (37)	2,9	6 496

\* Bare shaft weight

Slurry handling

## Dredge pumps

### Thomas "Simplicity" series dredge pumps



#### Summary of design features

- Optional rotation – Right or left hand rotation
- Optional discharge positions
- Suction adapter with clean out
- Three and four vane impellers available
- Amor-lok seal on the side liners for metal to metal fit
- Knock out ring for easy impeller removal
- Wide range of alloys for pump wear parts
- Over size bearings and shaft for longer life
- Cantilevered design
  - Less shaft deflection
  - Better packing and bearing life
  - 360° crescent support
  - No case feet required

See datasheet on next page.

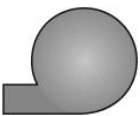
Pump size	No. of vanes	Maximum
8x6 F24	3	4.5"
8x6 F24	4	4.0"
10x8 H30	3	6.0"
10x8 H30	4	5.5"
12x10 J36	3	6.7"
12x10 J36	4	5.8"
14x12 L40	3	6.9"
14x12 L40	4	6.0"
16X14 N40	3	6.9"
16X14 N40	4	6.0"
18X16 P40WD	3	9.8"

Pump size	No. of vanes	Maximum
18x16 P40WD	4	7.4"
18x16 P46	3	9.8"
18x16 P46	4	7.4"
22x20 T46WD	3	12.5"
22x20 T46WD	4	8.5"
22x20 T52ND	4	9.0"
22x20 T52WD	3	12.5"
22x20 T52WD	4	10.0"
24x24 T52WD	3	12.5"
24x24 T52WD	4	10.0"

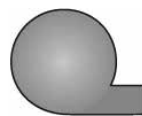
**Dredge pumps – Thomas**

Pump size Inches	Impeller size Inches	Deck mounted pumps						Underwater pumps		
		12 ft./sec velocity		17 ft./sec velocity		21 ft./sec velocity		17 ft./sec Velocity TPH		
		*GPM	**TPH	*GPM	**TPH	*GPM	**TPH	*GPM	min.	max.
4	18,00	480	17.6	680	39	830	62	N/A	N/A	N/A
6	24,00	1058	39	1 540	88	1 900	108	1 540	154	193
8	30,00	1880	69	2 650	151	3 280	246	2 650	265	332
10	36,40	2940	108	4 160	237	5 190	389	4 160	416	520
12	36,40	4230	155	6 000	342	7 390	553	6 000	600	750
14	36,40	5160	190	7 300	417	9 025	700	7 300	730	913
16	40,46	6830	250	9 600	547	12 000	899	9 600	960	1 200
18	46,00	8640	317	12 400	706	15 190	1137	12 400	1 240	1 550
20	46,52	10 820	397	15 400	877	19 000	1423	15 400	1 540	1 925
24	52,00	15 000	550	22 400	1 275	28 000	2097	22 400	2 240	2 800

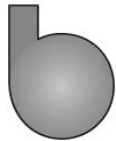
\* Gallons per minute \*\*Tons per hour of coarse sand



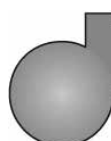
Left-hand  
Bottom discharge  
Left-hand rotation



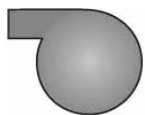
Right-hand  
Bottom discharge  
Right-hand rotation



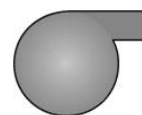
Left-hand  
Top vertical discharge  
Left-hand rotation



Right-hand  
Top vertical discharge  
Right-hand rotation



Left-hand  
Top horizontal discharge  
Right-hand rotation

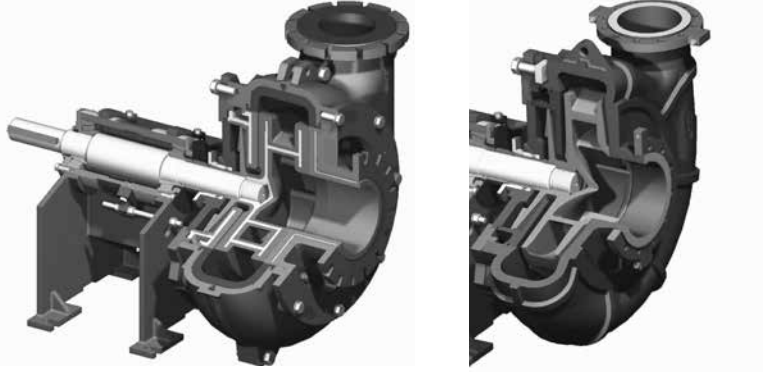


Right-hand  
Top horizontal discharge  
Left-hand rotation

Slurry handling

## Slurry pump range HR and HM

The Orion series of heavy duty rubber lined and hard metal slurry pumps



HR wet end

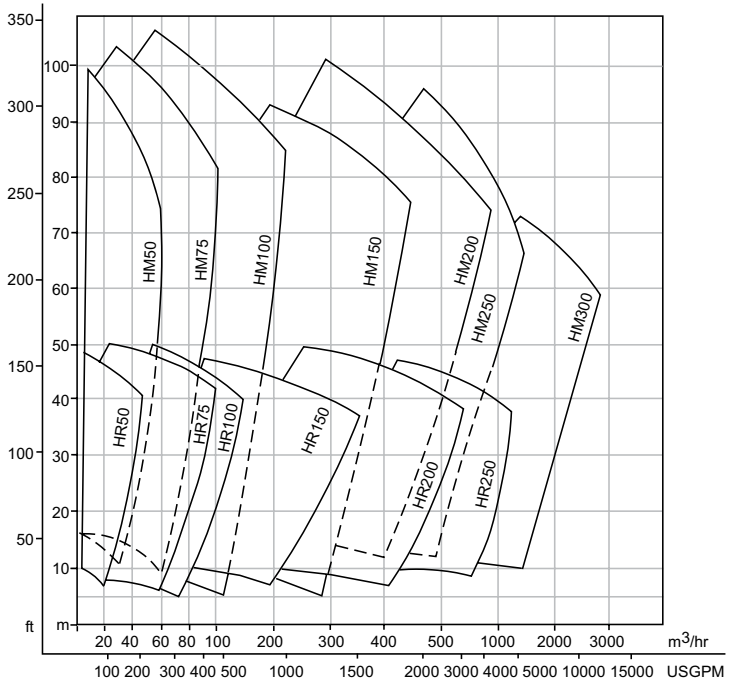
HM wet end

### Summary of design features

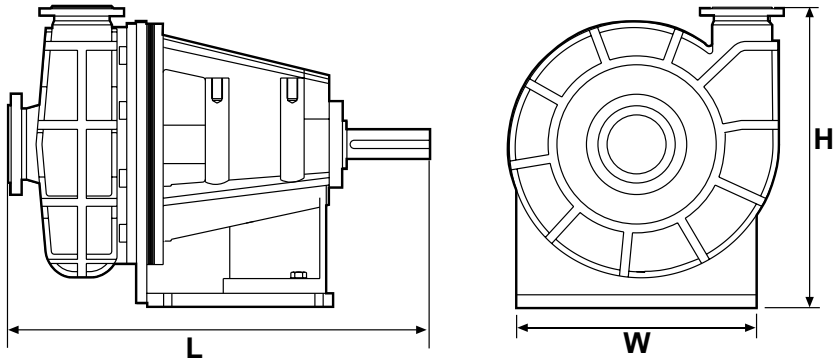
- Modular design technology and back pull-out feature
- Robust construction
- Thick volute casing/liner and solids handling, large diameter, impeller with carefully matched, high efficiency, hydraulics for even wear
- Double adjustment for sustained efficiency
- Materials used are the very best available, providing both excellent wear properties and corrosion resistant
- Self-contained bearing cartridge assembly with oversized pump shaft and anti-friction bearings
- Various shaft seal options
- Ease of maintenance

See data sheet on next page.

### Selection chart



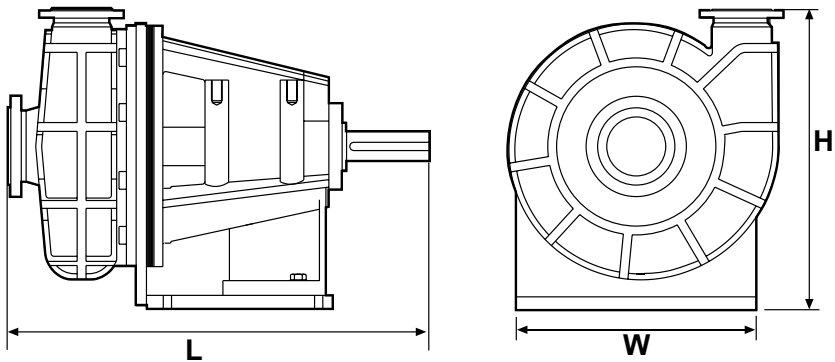
**Slurry pump range – HR**



Model	Connection dimensions		General dimensions			Total weight*		Total weight*	
	Inlet mm (inch)	Outlet mm (inch)	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Double adjustm. kg (lbs)	Single adjustm. kg (lbs)	Double adjustm. kg (lbs)	Single adjustm. kg (lbs)
HR50	50 (2)	32 (1,5)	428 (17)	709 (28)	360 (14)	180 (397)	126 (278)		
HR75	75 (3)	50 (2,0)	463 (18)	729 (29)	360 (14)	220 (485)	145 (320)		
HR100	100 (4)	75 (3,0)	555 (22)	913 (36)	424 (17)	330 (728)	270 (595)		
HR150	150 (6)	100 (4,0)	713 (28)	1 097 (43)	545 (21)	630 (1 389)	510 (1 124)		
HR200	200 (8)	150 (6,0)	965 (38)	1 295 (51)	686 (27)	1 250 (2 756)	1 065 (2 348)		
HR250	250 (10)	200 (8,0)	1 125 (44)	1 550 (61)	830 (33)	2 110 (4 652)	1 715 (3 781)		

\*Bare shaft weight

**Slurry pump range – HM**



Model	Connection dimensions		General dimensions			Total weight*		Total weight*	
	Inlet mm (inch)	Outlet mm (inch)	H mm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Double adjustm. kg (lbs)	Single adjustm. kg (lbs)	Double adjustm. kg (lbs)	Single adjustm. kg (lbs)
HM50 •	50 (2)	32 (1,5)	433 (17)	713 (28)	360 (14)	160 (353)	136 (300)		
HM75 •	75 (3)	50 (2,0)	438 (17)	734 (29)	360 (14)	200 (441)	161 (355)		
HM100 •	100 (4)	75 (3,0)	505 (20)	880 (35)	424 (17)	320 (705)	250 (551)		
HM150 •	150 (6)	100 (4,0)	630 (25)	1 025 (40)	545 (21)	550 (1 213)	440 (970)		
HM200	200 (8)	150 (6,0)	855 (34)	1 258 (50)	686 (27)	1 220 (2 690)	1 010 (2 227)		
HM250	250 (10)	200 (8,0)	1 030 (41)	1 463 (58)	830 (33)	2 040 (4 497)	1 660 (3 660)		
HM300	300 (12)	250 (10,0)	1 150 (45)	1 591 (63)	1 000 (39)	2 850 (6 283)	1 900 (4 189)		

\*Bare shaft weight • These pumps are available with fully recessed induced vortex impeller.



## Slurry pump range MR and MM

The Orion series of mining duty rubber lined and hard metal slurry pumps



MR Wet End

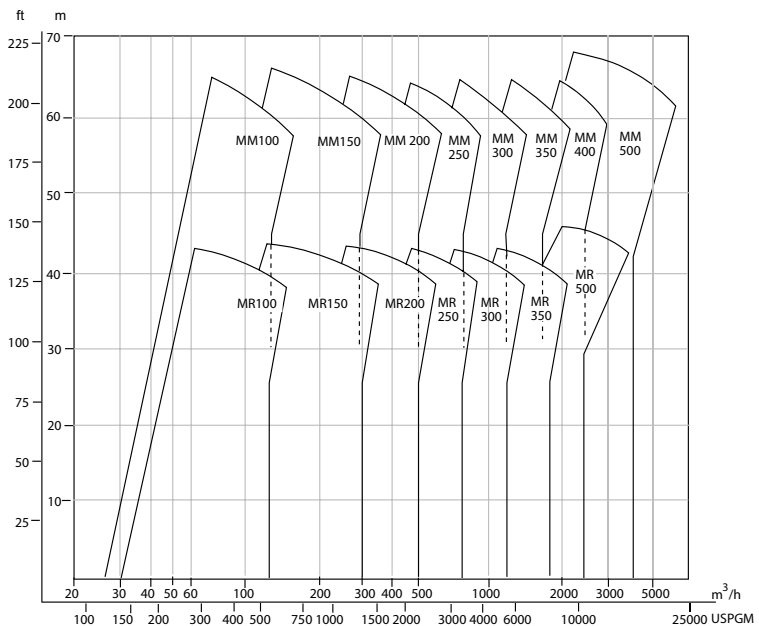


MM Wet End

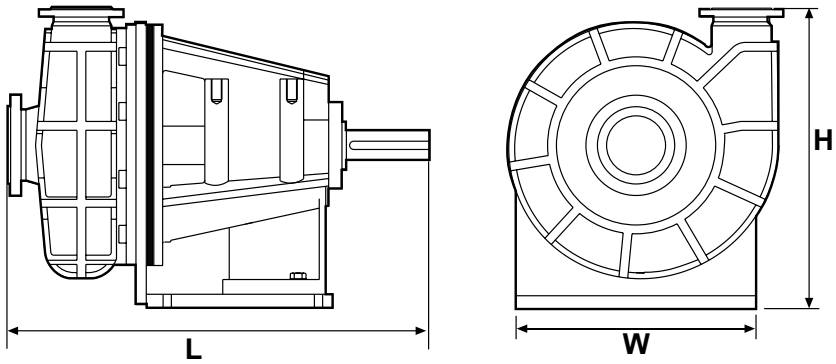
### Summary of design features

- Modular design technology and back pull-out feature
- Robust construction
- Solids handling, medium diameter, impeller with carefully matched, high efficiency, hydraulics for even wear
- Double adjustment for sustained efficiency
- Materials used are the very best available, providing both excellent wear properties and corrosion resistant
- Self contained bearing cartridge assembly with oversized pump shaft and grease lubricated taper roller bearings
- Various shaft seal options
- Ease of maintenance
- Maintenance slide base option      See data sheet on next page.

### Selection chart



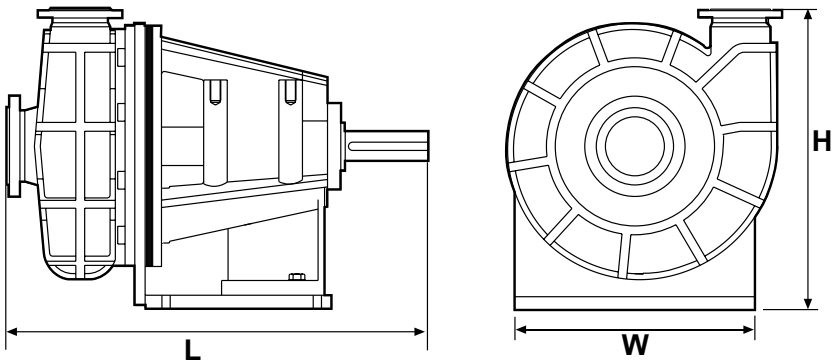
**Slurry pump – MR**



Model	Connection dimensions		General dimensions			Total weight*		Total weight*	
	Inlet	Outlet	H	L	W	Double adjustm.	Single adjustm.	kg	(lbs)
MR100	100 (4)	75 (3)	456 (18)	741 (29)	360 (14)	260 (573)	150 (331)		
MR150	150 (6)	100 (4)	507 (20)	919 (36)	424 (17)	420 (926)	270 (595)		
MR200	200 (8)	150 (6)	683 (27)	1 092 (43)	545 (21)	740 (1 631)	490 (1 080)		
MR250	250 (10)	200 (8)	878 (35)	1 303 (51)	686 (27)	1 540 (3 395)	960 (2 116)		
MR300	300 (12)	250 (10)	1 035 (41)	1 506 (59)	830 (33)	2 450 (5 401)	1 520 (3 351)		
MR350	350 (14)	300 (12)	1 257 (49)	1 665 (66)	1 000 (39)	—	1 600 (5 732)		
MR500	489 (20)	438 (18)	2 064 (81)	2 689(106)	1 204 (47)	—	8 030 (17 703)		

\*Bare shaft pump weight

**Slurry pump – MM**



Model	Connection dimensions		General dimensions			Total weight*		Total weight*	
	Inlet	Outlet	H	L	W	Double adjustm.	Single adjustm.	kg	(lbs)
MM100 •	100 (4)	75 (3)	454 (18)	730 (29)	360 (14)	230 (507)	170 (375)		
MM150 •	150 (6)	100 (4)	527 (21)	889 (35)	424 (17)	370 (816)	275 (606)		
MM200 •	200 (8)	150 (6)	710 (28)	1 073 (42)	545 (21)	650 (1 433)	525 (1 157)		
MM250	250 (10)	200 (8)	885 (35)	1 245 (49)	686 (27)	1 350 (2 976)	1 095 (2 414)		
MM300	300 (12)	250 (10)	1 055 (42)	1 483 (58)	830 (33)	2 150 (4 740)	1 775 (3 913)		
MM350	350 (14)	300 (12)	1 080 (43)	1 527 (60)	830 (33)	2 300 (5 071)	1 960 (4 321)		
MM400	400 (16)	350 (14)	1 250 (49)	1 620 (64)	1 000 (39)	3 000 (6 614)	2 105 (4 641)		
MM500	500 (20)	450 (18)	1 726 (68)	2 180 (86)	1 110 (44)	—	5 980 (13 184)		

\*Bare shaft weight • These pumps are available with fully recessed induced vortex impeller.

## Slurry pump range VS

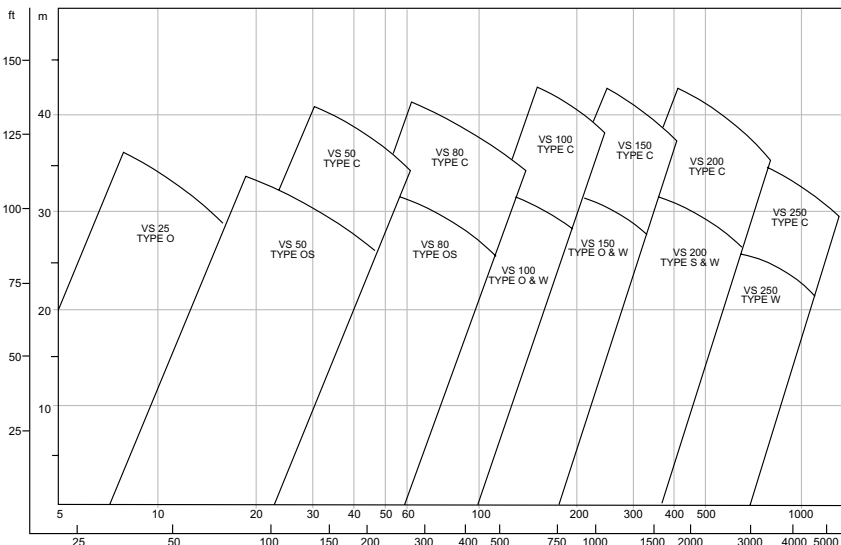
### The Sala series of vertical sump pumps



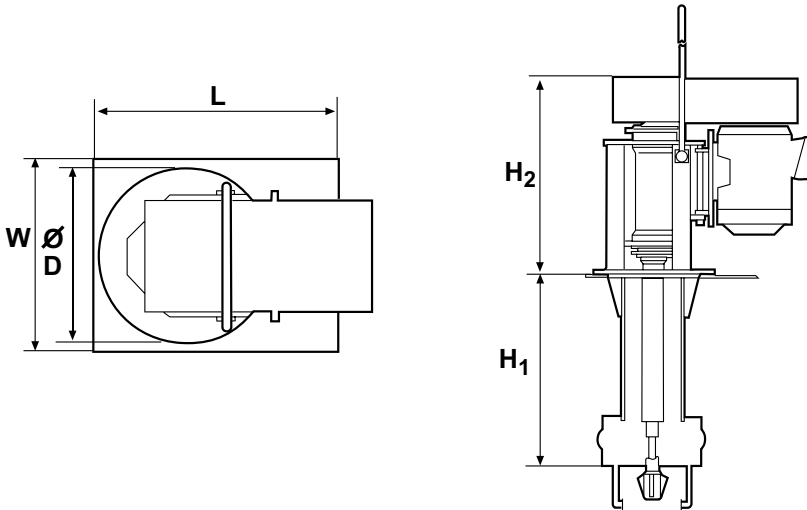
#### Summary of design features

- Simple installation
  - Cantilever design without submerged bearings or shaft seal
  - Bearing assembly with double protection sealing arrangement to prevent ingress of slurry
  - Materials used are the very best available, providing both excellent wear properties and corrosion resistance
  - Wear parts are available in a variety of different materials with full interchangeability
  - Range of impeller options
- See data sheet on next page

#### Selection chart



## Slurry pump – VS (Vertical sump pumps)



Model*	H <sub>1</sub> mm (inch)	H <sub>2</sub> mm (inch)	D mm** mm (inch)	L** mm (inch)	W** mm (inch)	Weight*** kg/lb
VS25 (1)	800 (32)	585 (23)	400 (15¾)			130/287
VS25 (1)	1200 (48)	865 (34)	530 (20¾)			350/772
VS25 (1)	1500 (60)	865 (34)	530 (20¾)			375/827
VS25 (1)	1800 (72)	865 (34)	530 (20¾)			395/871
VS50 • (2)	800 (32)	585 (23)	400 (15¾)			220/485
VS50 • (2)	1200 (48)	865 (34)	530 (20¾)			480/1 058
VS50 • (2)	1500 (60)	865 (34)	530 (20¾)			510/1 124
VS50 • (2)	1800 (72)	865 (34)	530 (20¾)			540/1 190
VS80 (3)	800 (32)	870 (34¼)	530 (20¾)			435/959
VS80 • (3)	1 200 (48)	975 (38½)	565 (22¼)			545/1 202
VS80 • (3)	1 500 (60)	975 (38½)	565 (22¼)			580/1 279
VS80 • (3)	1 800 (72)	975 (38½)	565 (22¼)			615/1 356
VS100 (4)	8 00 (32)	850 (33½)	530 (20¾)			465/1 025
VS100 • (4)	1 200 (48)	960 (37¾)	565 (22¼)			575/1 268
VS100 • (4)	1 500 (60)	960 (37¾)	565 (22¼)			610/1 345
VS100 • (4)	1 800 (72)	960 (37¾)	565 (22¼)			645/1 422
VS150 • (6)	1 200 (48)	965 (38)	565 (22¼)			680/1 499
VS150 • (6)	1 500 (60)	1 285 (50½)		800 (31½)	800 (31½)	1 415/3 120
VS150 • (6)	1 800 (72)	1 285 (50½)		800 (31½)	800 (31½)	1 470/3 241
VS200 • (8)	1 200 (48)	1 285 (50½)		800 (31½)	800 (31½)	1 675/3 693
VS200 • (8)	1 500 (60)	1 285 (50½)		800 (31½)	800 (31½)	1 725/3 803
VS200 • (8)	1 800 (72)	1 285 (50½)		800 (31½)	800 (31½)	1 775/3 913
VS250 • (10)	1 500 (60)	1 420 (56)		800 (31½)	800 (31½)	2 200/4 850
VS250 • (10)	1 800 (72)	1 420 (56)		800 (31½)	800 (31½)	2 280/5 027

\*VS25 (1) = Vertical sump; 25 = outlet mm; (1) = outlet inch

\*\* ØD or LxW is the pump base plate dimension. Optional base plate incl. discharge pipe also available.

\*\*\* Weight figures are for metal parts. For rubber parts reduce weight by 10%.

• These pumps are available in acid proof version with all wetted parts fully covered with natural rubber or chloroprene.

## Slurry pump range VSHM and VSMM

### The Sala series of vertical sump pumps

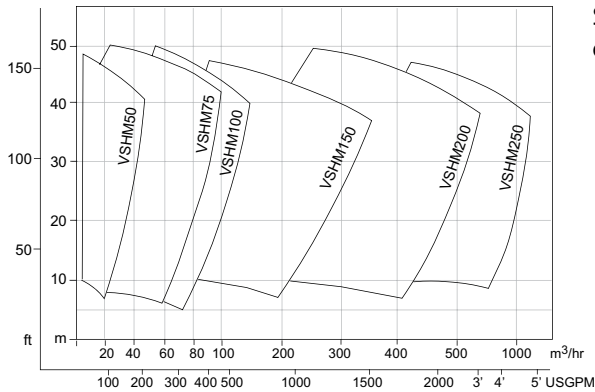


The VSH and VSM pumps are a new combination of our classic VS sump pumps and our Orion series horizontal pump wet ends.

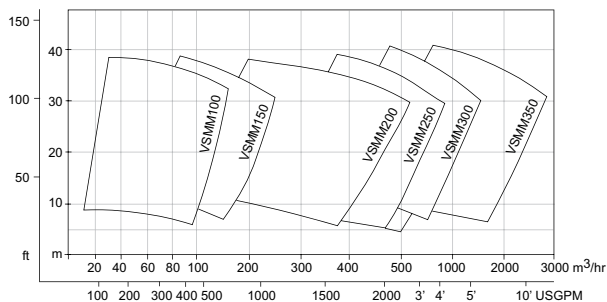
This provides a major advantage: the same wet end parts are used for both horizontal slurry pumps and sump pumps, thus reducing parts inventory and simplifying maintenance.

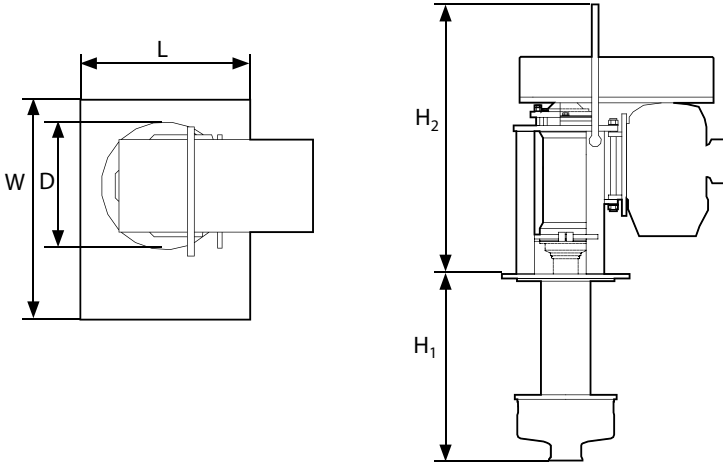
It does also make it possible to generate a higher TDH, pump head.

### Selection chart



See data sheet on next page.



**Slurry pump range VSHM / VSMM / VSHR – (Vertical sump pumps)**

Pump size	Outlet mm (inch)	H <sub>2</sub> * mm (inch)	D** mm (inch)	L Opt. base plate mm (inch)	W mm (inch)	Weight ***	
						kg	lb
VSHM50	● 32 (1,25)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	390/405/420	860/893/926
VSHR50	32 (1,25)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	380/395/410	838/871/904
VSHM75	● 50 (2)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	(L120) 415	915
VSHM75	● 50 (2)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	600 (23½)	600 (23½)	(L150/180) 530/565	1 168/1 245
VSHR75	50 (2)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	399/424/449	880/935/990
VSHM100	● 75 (3)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	750( 29½)	600 (23½)	535/565/605	1 180/1 246/1334
VSHR100	75 (3)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	750 (29½)	600 (23½)	555/585/625	1 224/1 290/1378
VSHM150	● 100 (4)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 314/1366/1418	2 897/3 012/3127
VSHR150	100 (4)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 405/1460/1515	3 098/3 219/3340
VSHM200	150 (8)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 650/1710/1770	3 638/3 770/3903
VSHR200	150 (8)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 680/1740/1796	3 704/3 836/3960
VSHM250	200 (10)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	2 310/2400/2480	5 093/5 291/5468
VSHR250	200 (10)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	2 365/2455/2535	5 214/5 413/5589
VSMM100	● 75 (3)	87 (34)	∅ 530 (20¾)	600 (23½)	600 (23½)	430/465/500	948/1 025/1103
VSMM150	● 100 (4)	98 (38)	∅ 565 (22¼)	750 (29½)	600 (23½)	560/590/630	1 235/1 301/1389
VSMM200	● 150 (6)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 390/1445/1500	3 065/3 186/3307
VSMM250	200 (10)	128 (50)	□800 (31½)	1 200 (47¼)	900 (35½)	1 720/1780/1840	3 792/3 925/4057
VSMM300	300 (12)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	2 490/2570/2650	5 490/5 666/5843
VSMM350	300 (14)	142 (56)	□800 (31½)	1 360 (53½)	1 220 (48)	- /2745/2825	- /6 052/6 228

\*Frame length (H<sub>1</sub>) is available in 120, 150, 180 cm (48, 60, 72 inch) except VSMM350 which is available in 150, 180 cm (60, 72 inch).

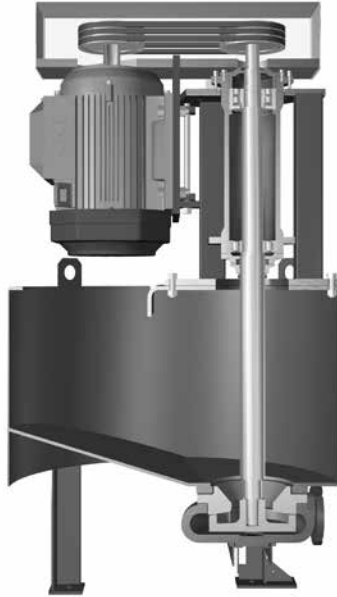
\*\* D ∅ or □ is bearing frame base plate. Larger optional base plate or mounting plate incl. discharge pipe also available.

\*\*\* Weight figures are for metal parts, and for different frame lengths (L120 / L150 / L180).

● These pumps are available with the fully recessed induced vortex impeller.

## Slurry pump range VT

### The Sala series of vertical tank pumps

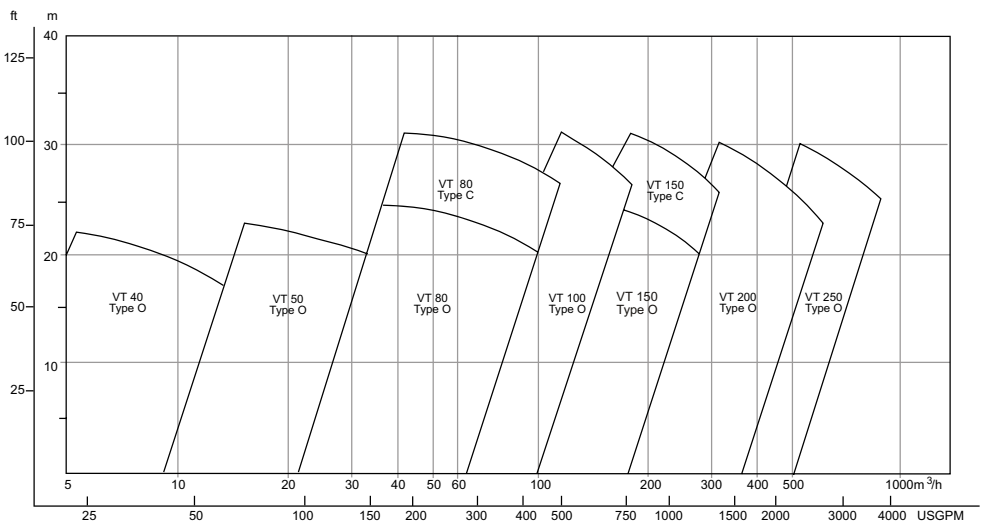


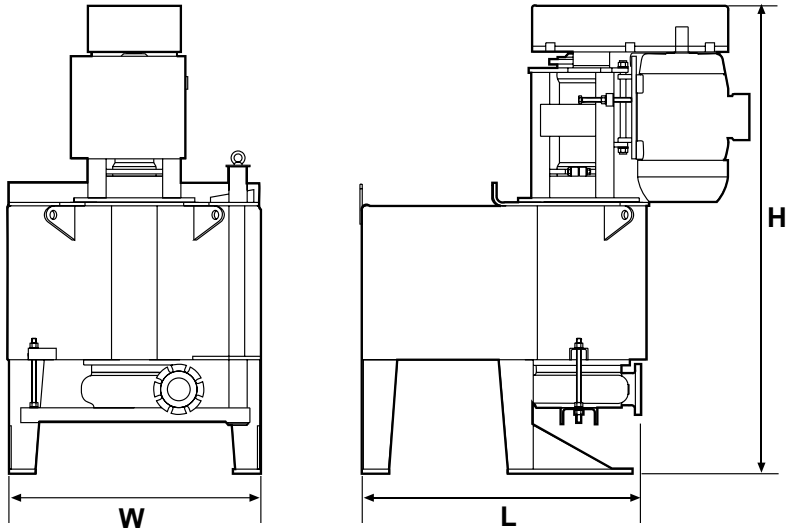
### Summary of design features

- Pump, pump sump and motor in one integrated unit for flexible layout and simple installation.
- Open sump and vertical inlet prevents air blocking and gives a smooth operation.
- Oversize bearings, for added life and minimum maintenance. Double protection sealing arrangement against penetration of slurry.
- Cantilever shaft with no submerged bearings or seals. Shaft made of alloy steel, for superior strength and toughness.
- Easily replaced wear parts and metal/rubber interchangeability.

### Selection chart

See data sheet on next page.



**Slurry pump range VT – (Vertical tank pump)**

Model	Hmm (inch)	L mm (inch)	W mm (inch)	Weight** kg/lb	Sump volume m <sup>3</sup> /USG
VT 40 (1.5) lab	955 (37.5)	640 (25)	400 (16)	90/198	0.03/8
VT 40 (1.5)	1 030 (40.5)	740 (29)	610 (24)	110/243	0.06/16
VT 50 (2)	1 470 (58)	1 035 (41)	1 010 (40)	305/672	0.25/66
VT 80 (3)	1 880 (74)	1 015 (40)	1 060 (42)	580/1279	0.33/87
VT100 (4)	2 050 (81)	1 225 (48)	1 100 (43)	825/1819	0.57/150
VT150 (6)	2 160 (85)	1 285 (50.5)	1 100 (43)	925/2039	0.57/150
VT200 (8)	3 105 (122)	1 710 (67)	1 510 (59)	2 655/5853	1.26/333
VT 250 (10)	3 105 (122)	1 760 (69)	1 510 (59)	2 785/6140	1.26/333

\*VT50 (2), VT = Vertical Tank, 50 (2) = outlet size mm (inch).

\*\* Weight figures are for metal parts. For rubber parts reduce weight by 10%.



## Slurry pump range VF

### The Sala series of vertical froth pumps

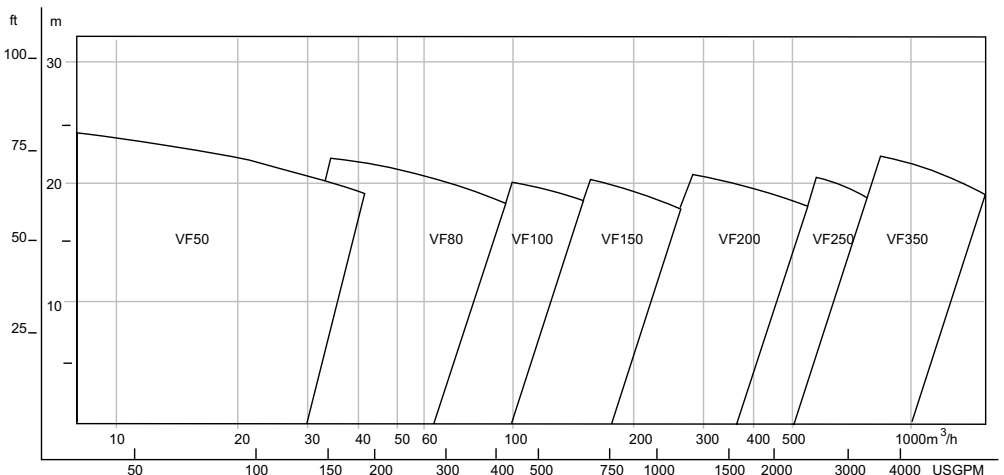


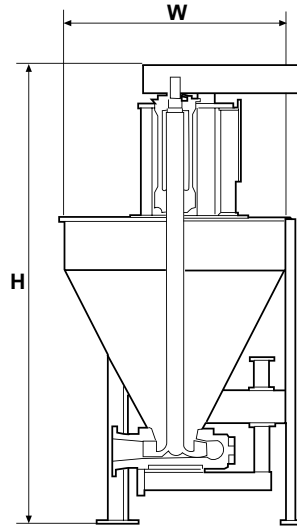
#### Summary of design features

- Pump, pump sump and motor in one integrated unit for flexible layout and simple installation.
- Open sump and vertical inlet prevents air blocking.
- Oversize bearings, for added life and minimum maintenance. Double protection sealing arrangement against penetration of slurry.
- Cantilever shaft and made of alloy steel, for superior strength and toughness, with no submerged bearings or seals.
- Easily replaced wear parts and metal/rubber interchangeability.

See data sheet on next page.

#### Selection chart



**Slurry pump – VF (Vertical froth pump)**

Model	Hmm (inch)	L mm (inch)	Weight** kg/lb	Sump volume m <sup>3</sup> /USG
VF50 (2)*	1 600 (63)	800 (31)	355/783	0.14/37
VF80 (3)	2 250 (88)	1 000 (39)	605/1 334	0.37/98
VF100(4)	2 700 (106)	1 400 (55)	975/2 150	0.82/217
VF150(6)	2 700 (106)	1 400 (55)	1 095/2 414	0.82/217
VF200(8)	3 760 (148)	1 850 (73)	2 700/5 952	2.30/607
VF250(10)	3 760 (148)	1 850 (73)	2 900/6 392	2.30/607
VF350(14)	4 500 (177)	2 150 (85)	5 555/12 245	3.50/925

\*VF50 (2), VF = Vertical Froth, 50 (2) = outlet size mm (inch).

\*\* Weight figures are for metal parts. For rubber parts reduce weight by 10%.

---

## ***Application guide for slurry pumps***

As mentioned before, the only limitation for hydraulic transportation is your own imagination.

This application guide is a simple way to find out what type of pump to be used for different slurry operations.

Selection by Solids	page 8:26
Selection by Head and Volume	page 8:26
Selection by Slurry type	page 8:27

### ***Selection by industrial segment***

Metallic and Industrial minerals	page 8:28
Construction	page 8:29
Coal	page 8:30
Waste & Recycling	page 8:30
Power & FGD	page 8:30
Pulp & Paper	page 8:31
Metallurgy	page 8:31
Chemical	page 8:32
Mining	page 8:32

### Selection by solids

#### **Duty: Coarse particles**

*Comments:* Everything larger than 5 mm is considered to be coarse.

Don't use rubber pumps, metal pumps only.

Upper practical limit in particle size is normally 50 mm.

Limitation is the impact on the impeller.

*Note:* Particle diameter max. 1/3 of the pipe diameter.

*Recommendation:* MDM, XM and HM ranges.

#### **Duty: Fine particles**

*Comments:* If the particles are sharp - use rubber.

If particles are not sharp - use rubber or metal.

*Recommendation:* H and M ranges.

#### **Duty: Sharp (abrasive) particles**

*Comments:* If sizes are below 5 mm - use rubber.

If particles are above 5 mm - use metal.

*Recommendation:* MD, X, H and M ranges.

#### **Duty: High percent solids**

*Comments:* You have to be careful if the percent solids is getting close to 40% by volume. Above 50% the slurry is impossible to handle with centrifugal pumps. Only vertical tank pumps are able to handle applications with really high percent solids.

*Recommendation:* VT range.

#### **Duty: Low percent solids**

*Comments:* Choose the lightest and most cost effective pumps.

*Recommendation:* M range.

#### **Duty: Fibrous particles**

*Comments:* The problem is blocking of particles and air blocking. Use induced flow impellers (Vortex).

#### **Duty: One size particles**

*Comments:* When all fine particles are removed from the slurry the solid settling rate can be critical and can call for severe derating of the pump. Pumping efficiency goes down for all pump types.

*Recommendation:* All pump ranges.

### Selection by head and volume

#### **Duty: High head**

*Comments:* Normally metal pump applications due to the high peripheral speed on the impeller. If you need rubber lined pumps, series pumping may be needed.

Max. head on hard metal pump 125 m.

Max. head on rubber impeller 45 m.

*Note!* High rate of wear at high speeds for centrifugal pumps.

*Recommendation:* MDM, MDR, XM, XR and HM, or staged HR.

#### **Duty: Varying head at constant flow**

*Comments:* Use a multi-speed drive or a variable (frequency control) drive.

*Recommendation:* All ranges.

#### **Duty: Varying flow at constant flow**

*Comments:* Use variable (frequency control) drives.

*Recommendation:* All ranges.

**Duty: High suction lift**

*Comments:* Metal pumps are preferred due to risk of rubber lining collapse on high suction lifts.

Max. practical suction lift 5 - 8 m depending on S.G.

Pumps are not self-priming, i.e. you need a priming device.

The pump and inlet pipe need to be filled with liquid before starting.

*Recommendation:* MDM, XM, HM and MM.

**Duty: High flow**

*Comments:* Use parallel pump installations.

Risk for cavitation.

*Recommendation:* All ranges.

**Duty: Low flow**

At low flows rubber linings can be overheated. Use metal.

Be careful if heads\* are high and flow is low.

Open vertical pumps have no problems.

\*BEP = Best Efficiency Point

*Recommendation:* Try to use VS, VT and VF ranges.

**Duty: Fluctuating flow**

*Comments:* Use horizontal pumps with variable speed drive or fixed speed vertical pumps.

*Recommendation:* VT, VF or VS. Horizontals; all types with variable speed drives.

**Selection by slurry type****Duty: Fragile slurries**

*Comments:* Use induced flow impellers (fully recessed).

Both metal and rubber pumps can be used. Both horizontal and vertical pumps can be used.

*Recommendation:* All ranges.

**Duty: Hydrocarbon slurries (oil and reagents contaminated)**

*Comments:* Natural rubber is out.

Be careful with seal material of natural rubber. Use synthetic seals.

Use metallic pumps or wear parts in polyurethane.

*Recommendation:* All ranges.

**Duty: High temperature (greater than 100° C) slurries**

*Comments:* (Temperature limit for natural rubber is 60° C.) See section 9 for synthetic rubbers.

Practical limit for operating temperature is 135° C. Above this temperature the bearings can be over-heated!

*Recommendation:* All horizontal ranges.

**Duty: Frothy slurries**

*Comments:* Use a froth pump of vertical design.

*Recommendation:* VF range.

**Duty: Hazardous slurries**

*Comments:* Warning! This case has to be referred back to the pump sales support departments.

Shaft sealing is critical from explosion point of view. Normally closed pump systems are used.

*Recommendation:* Horizontal ranges.

**Duty: Corrosive slurries (low pH)**

*Comments:* For acidic duties use rubber or elastomer.

For metal pumps with chrome iron parts the acid limit is pH 2,5.

Sea water slurries (containing chlorides) must have a rubber pump.

*Note!* CuSO<sub>4</sub> (used in flotation circuits) is extremely corrosive, use rubber pumps.

*Recommendation:* All ranges.

### **Duty: High viscosity fluids (Newtonian)**

*Comments:* When viscosity is going up to 5 times the viscosity of water the pumping gets critical.

With this restriction basically any pump in our range can be used, if properly sized.

*Recommendation:* All sizes.

### **Duty: High viscosity fluids (non-Newtonian)**

*Comments/Recommendation:*

These applications are very tricky and should be referred back to the pump sales support staff.

### **Duty: Mixing**

*Comments:* Tank pumps are excellent as mixers.

When mixing water and solids look up the correct ratio between liquid and solids.

*Recommendation:* VT and VF range.

## **Industrial applications, minerals**

### **Application: Pumps for grinding circuits**

*Comments:* Our MD range is specially designed for grinding circuits (incl. cyclone feed).

For particles sizes below 5 mm use rubber. If possible mix flows containing coarse and fine particles together for better slurry stability.

*Recommendation:* MDR and MDM, XR and XM, HR and HM.

### **Application: Pumps for froth**

*Comments:* The VF range is specially designed for froth pumping.

Be cautious for heads greater than 15 m.

*Recommendation:* VF.

### **Application: Pumps for floor sumps**

*Comments:* Use sump pumps type VS with metallic wear parts, since there often is a risk for oversize tramp material coming into floor sumps.

If rubber must be used, put a strainer in front of the pump or around the pump.

*Recommendation:* VS range.

### **Application: Pumps for tailing**

*Comments:* Depending on particle size both rubber and metal pumps can be used. For long distances installations use multiple pumps in series.

*Recommendation:* MD, X and H ranges, both rubber and metal.

### **Application: Pumps for hydro- cyclone feed**

*Comments:* For sharp classification use horizontal pumps type MD, X or H. For dewatering cyclones use tank pumps.

*Recommendation:* MD, X, H and VT ranges.

### **Application: Pumps for pressure filter feed**

*Comments:* High head needed with variable speed control (alternatively two-speed drive).

Avoid rubber due to low flow head build up.

**Application: Pumps for tube press feed**

*Comments:* Small flow and high head, use metal pumps of type HM.

One pump can feed many tubes by a slurry distribution ring.

*Recommendation:* HM range.

**Application: Pumps for leaching**

*Comments:* See corrosive slurries, page 8:28.

**Application: Pumps for dense media (heavy media)**

*Comments:* High inlet head and high percent solids in combination with low discharge head can cause expeller seal leakage problems.

*Recommendation:* HM range.

**Application: Pumps for general purpose (mineral)**

*Comments:* Horizontal pumps of type MM and MR are ideal for normal duty in mineral process circuits. If the wear is extreme, use the X and H ranges.

Rubber is normally preferred in "hard rock" concentrators.

For special applications use the vertical pumps.

*Recommendation:* All ranges.

**Industrial applications, construction****Application: Pumps for wash water (sand and gravel)**

*Comments:* Normally, the vertical pumps type VS and VT are used. Horizontal pump of the M range is also suitable.

*Recommendation:* V and M range.

**Application: Pumps for sand transportation**

*Comments:* Horizontal pumps with rubber lining are preferred.

*Recommendation:* MR.

**Application: Pumps for tunnel dewatering**

*Comments:* As front pumps use drainage pumps. For the first transportation stage vertical pump type VS is normally used.

For horizontal distant pumping use HM range.

For cuttings from full face boring (TBM:s) use HM and MM pumps.

For small tunnels (micro bore) use small HM.

*Recommendation:* H, M and VS range. (No rubber due to oil.)

**Industrial applications, coal****Application: Pumps for coal washing**

*Comments:* Generally metal pumps are used because of risk for oversized tramp material.

*Recommendation:* HM and MM ranges.

**Application: Pumps for froth (coal)**

*Comments:* Use vertical pump type VF.

*Recommendation:* VF.

**Application: Pumps for coal/water mixtures**

*Comments:* Use conventional pumps M ranges.

*Recommendation:* M ranges.

**Application: Pumps for general purpose (coal)**

*Comments:* Coal industry normally does not use rubber pumps.

*Recommendation:* Use HM and MM.

## Slurry handling

### **Industrial applications, waste & recycling**

#### **Application: Pumps for effluent handling**

Comments: Light-duty application. Use both horizontal and vertical pumps. Metal pumps is the first selection.

*Recommendation:* HM, MM and V ranges.

#### **Application: Hydraulic transportation of light waste**

Comments: Use horizontal pumps with Vortex induced flow impellers.

*Recommendation:* HM and MM ranges.

#### **Application: Pumps for soil treatment**

Comments: See minerals above. Pump type VT is recommended for mobile and semi-mobile plants (no leaking seal and easy to transport and install).

*Recommendation:* All ranges.

### **Industrial applications, power & FGD**

#### **Application: Pumps for FGD reactor feed (lime)**

Comments: Normally the mineral applications use X, MD, H and M ranges, all with rubber and/or metal parts.

Rubber for high chloride concentrations.

*Recommendation:* MD, X, H and M ranges.

#### **Application: Pumps for FGD reactor discharge (gypsum)**

Comments: See lime pumps above.

*Recommendation:* MD, X, H and M ranges

#### **Application: Bottom ash pumping**

Comments: Metal pumps are preferred due to temperature and particle size.

Use horizontal pumps of type MD, X and H.

*Recommendation:* MDM, XM and HM ranges.

#### **Application: Fly ash pumping**

Comments: Metal is normally used due to risk of oil contamination.

If rubber must be used (low pH) look out for any oil or other chemicals.

*Recommendation:* MD, X, H, M and VS ranges.

### **Industrial applications, pulp & paper**

#### **Application: Pumps for lime and caustic mud**

*Comments:* These applications are normally of high temperature. Therefore metal parts are recommended.

*Recommendations:* HM and MM.

#### **Application: Pumps for reject pulp (containing sand)**

*Comments:* Normally light duty, but metal parts are recommended. Normally we are competing with stainless steel pumps.

*Recommendation:* MM range.

#### **Application: Pumps for solids from debarking**

*Comments:* For sand and bark we have developed an extra long vertical pump type VS.

Use metal parts and induced flow impeller (Vortex).

*Recommendation:* VS range.



**Application: Pumps for hydraulic transportation of wood chips**

*Comments:* Use induced flow pumps (Vortex) of H and M type.

*Recommendation:* HM and MM ranges.

**Application: Pumps for paper filler and coating slurries**

*Comments:* No rubber allowed due to colour contamination.

*Recommendation:* HM, MM, VS and VT ranges. (Only metal parts.)

**Application: Floor spillage pumps**

*Comments:* Use a vertical pump of type VS. Sometimes stainless steel parts are required due to low pH.

*Recommendation:* VS range.

**Industrial applications, metallurgy****Application: Pumps for mill scale transportation**

*Comments:* First choice is vertical pump type VS with induced flow impeller and metallic parts.

Horizontal pumps use type HM with metal parts only

*Recommendation:* HM and VS ranges.

**Application: Pumps for slag transportation**

*Comments:* Same considerations as for "Mill Scale" above.

**Application: Pumps for wet scrubber effluents**

*Comments:* Normally we recommend pump of horizontal type M range or vertical pumps of VS range.

If pH is very low use rubber.

If pH is very low and temperature is very high use stainless steel parts or synthetic rubber.

*Recommendation:* MR and VS ranges.

**Application: Pumps for iron powder transportation**

*Comments:* See dense media pumps above.

**Application: Pumps for machine tool cuttings**

*Comments:* No rubber parts can be used due to oil.

Vertical pump of type VS and horizontal pumps type M.

*Recommendation:* VS and MM.

**Industrial applications, chemical****Application: Pumps for acid slurries**

*Comments:* First recommendation is horizontal pumps with rubber or stainless parts. For extremely abrasive slurries use horizontal pump type HR.

*Recommendation:* MR and HR ranges.

**Application: Pumps for brines**

*Comments:* Very corrosive applications. Can also be abrasive (crystals).

Polyurethane can be used to avoid crystallization on pump parts.

*Recommendation:* HM, HR, MM, MR and VS (polyurethane parts).

**Application: Pumps for caustics**

*Comments:* Both rubber and metal pumps can be used. Easy application.

*Recommendation:* MM, MR and VS ranges.

### ***Industrial applications, mining***

#### ***Application: Pumps for hydraulic back filling (with or without cement)***

*Comments:* Watch out for deslimed tailings! Use horizontal pumps of type H or M with rubber or metal parts.

*Recommendation:* H and M ranges.

#### ***Application: Pumps for mine water (with solids)***

*Comments:* Normal recommendation is horizontal pumps type HM (multistage if required).

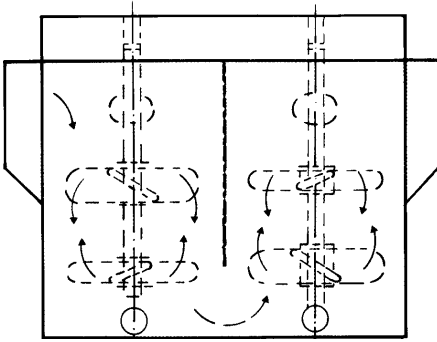
Watch out for corrosion!

*Recommendation:* HM.

## Agitation – Attrition scrubber\*

Attrition scrubbing is a bit more than storing and agitation of slurry. It is close to the processes of washing and separation.

Attrition scrubbers are simple, yet highly efficient, unit for scrubbing particles at slurry densities of 70-80% solids. Two opposed Helix impellers on each shaft create an intensive mixing action forcing individual particles against each other resulting in scrubbing, surface cleaning and disintegration of agglomerates.



### Typical applications:

Removal of Fe stains from sand particles. Disintegration of clay agglomerates in sand. Delamination of minerals such as Kaolin and Graphite. Blunging or slurryfying of dry clay prior to wet processing. Oil/Sand separation. Lime Slaking.

See data sheet on next page.

## Attrition scrubber – Sizing

Restriction: Maximum size of individual particle to scrubber is 10 mm.

Due to the flow pattern an even number of cells must be selected (e.g. 2,4,6 cells). Base the retention time on test results or on an existing installation. In the absence of any other information assume a retention time of 6-8 minutes at 75% solids w/w for a typical sand scrubbing duty.

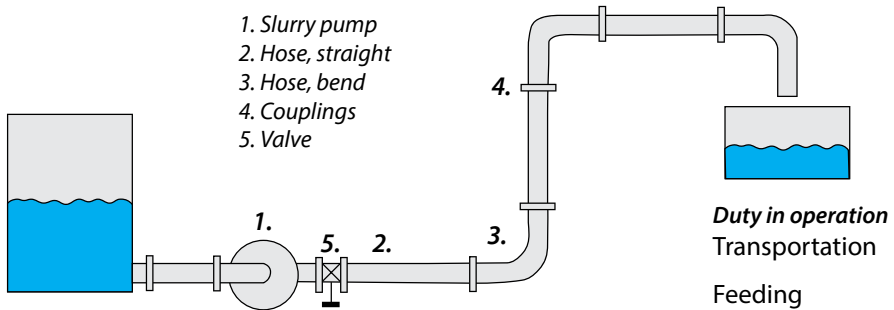
\* Contact Metso for further information about this product.

## Slurry handling

### “The slurry line”

Slurry pumps are important being the energy source in all hydraulic systems for slurry handling. However, the slurry pumps are mainly just energy converters in the systems (converting electric energy to hydraulic flows). Equally important is to design “the slurry line” with the correct sizing of hoses (or pipes) including

- Hose layout geometry (vertical and horizontal) needed for the transportation job
- Hose material giving resistance to the wear and to the chemical environment
- Hose diameter enabling maximum efficiency of the slurry system



#### Slurry operations

Grinding  
Classification  
Separation  
Sedimentation  
Mechanical dewatering

### Slurry handling – Hoses

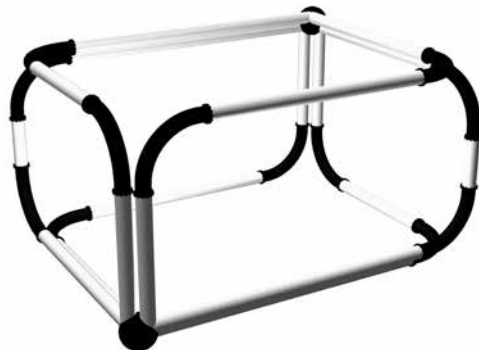
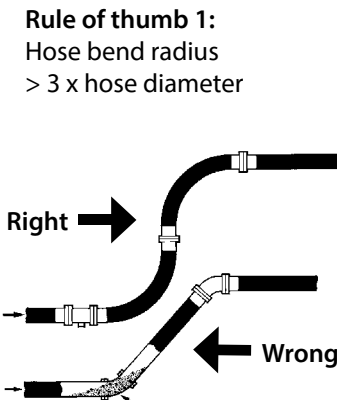
Hoses are for slurry handling what conveyor belts are for dry materials handling. Simple products – which just have to maintain their functions. Otherwise the process flow will be interrupted and the up-time is gone.

As most of the mineral process applications are continuous operations in an wearing environment, we will focus on rubber hosing in this section.

#### Slurry hose layout geometry

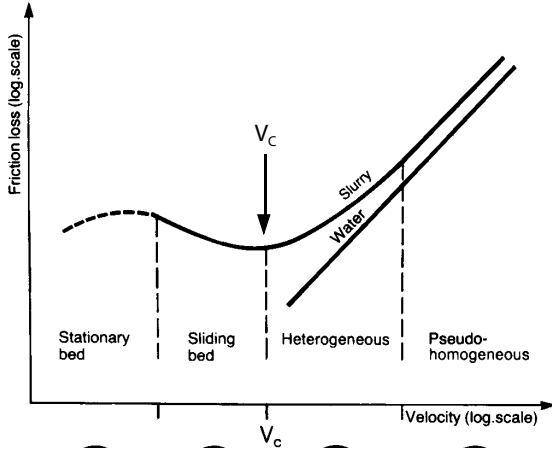
There is just one rule for lay-outs of slurry hoses and pipes, but a golden one.

“ Never use sharp bends when connecting them hydraulically! ”

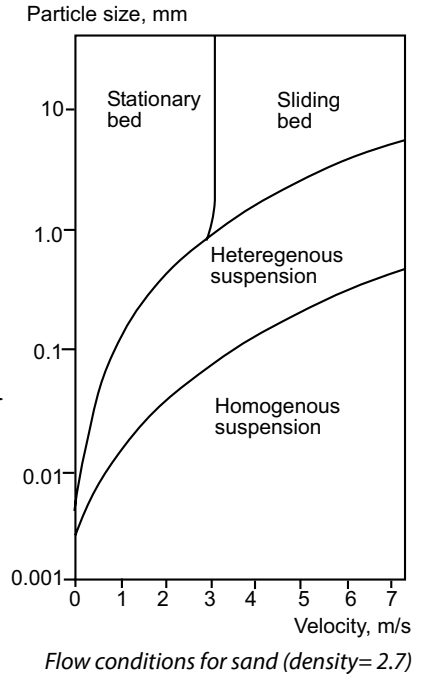


**Slurry hoses – diameter**

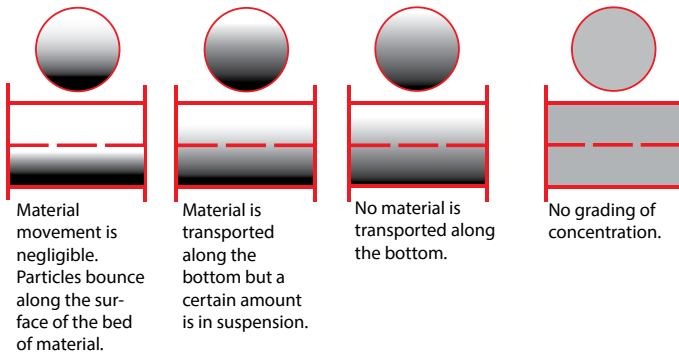
- Every slurry handling system needs proper hosing.
- Carrying velocity in the hose must exceed the settling velocity.
- Too high carrying velocity means increased power and wear.
- To balance the optimum slurry speed with the correct hose diameter is important.



$V_c$  = critical velocity = the velocity between sliding bed and heterogeneous flow conditions. Below this velocity particle clogging is at risk.



Flow conditions for sand (density= 2.7)



**Typical  $V_c$  (hose i.d. 75 – 150 mm, 3 – 6")**

Flotation feed (80% passing 50 micron)	1.0 m/s
Tailings (medium coarse)	1.5-2.1 m/s
Sand fine	2.4-3.0 m/s
Sand, medium	3.4 m/s
Sand, coarse	3.7-4.0 m/s

**Example:**

Flotation feed 120 m<sup>3</sup>/h,  $V_c = 1$  m/s. Select hose diameter.  
 $120/3600 = 108$  m<sup>3</sup>/h,  $0.03/1 = 0.03$  m<sup>2</sup>  
 $D^2 = 0.03 \times 4 / 3.14$ ,  $D = 0.195$  m = 195 mm  
 Hose inner diameter, see next page  
 Select diameter 204.

**Regarding wear in slurry lines, see 9:12!**

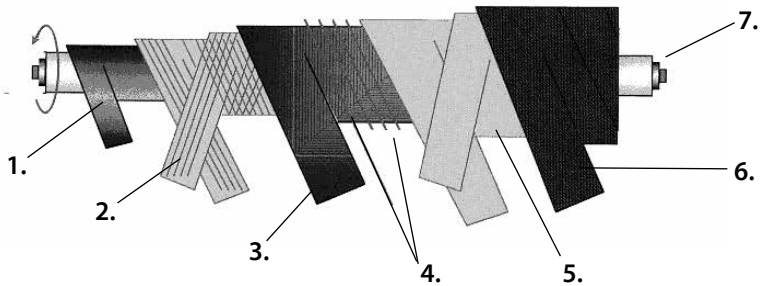
## Slurry handling

### Slurry hose – material

For most slurry applications polymer is first option (steel pipes not covered here). Reason is low weight, easy installation and long service life.

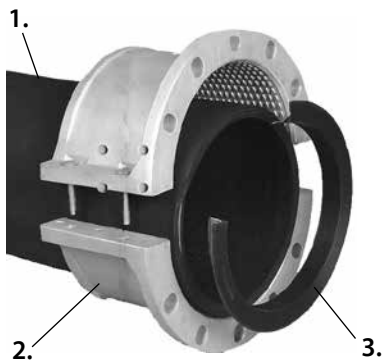
- If slurry temperature is high or aggressive chemicals are present use polyurethane lined pipes!
- In all other cases use rubber hoses

### Slurry hose system – rubber



### Design

1. Natural rubber (40 ShA)
2. Polyester cord
3. "Sandwich" rubber
4. Steel wire
5. Polyester cord
6. Outer cover
7. Production tool



- Long service life
- Simple installations
- 3 basic modules; 1) hose 2) couplings 3) gasket
- Lower cost (modular design)
- Tapered gasket for easier installation
- Easily configured
- Less vibration
- Lower noise level

**Material handling hoses**

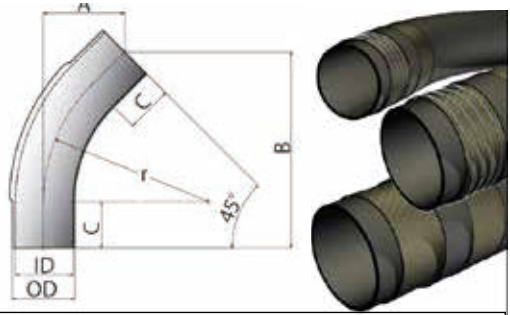
ID mm/inch	OD mm/inch	Standard length m/ft	Wear tube mm/inch	Working pressure MPa/psi	Min.bend radius mm/inch	Slurry hose kg/m / lbs/ft
51/2	72/3	20/66	6 / 1/4	1.0/150	300/12	2.4/1.6
76/3	99.5/4	20/66	6 / 1/4	1.0/150	450/18	4.1/2.8
102/4	125/5	20/66	6 / 1/4	1.0/150	600/24	5.4/3.7
127/5	154/6	20/66	6 / 1/4	1.0/150	750/30	7.5/5.1
152/6	178/7	10/33	6 / 1/4	1.0/150	900/35	8.9/6.1
204/8	238/9	10/33	7.5 / 5/16	1.0/150	1300/51	16.2/11.0
254/10	291/11	10/33	7.5 / 5/16	0.5/75	1600/63	21.3/14.5
305/12	341/13	10/33	7.5 / 5/16	0.5/75	1800/71	26.5/18.0
355/14	403/16	10/33	12 / 1/2	0.5/75	2200/87	40.8/27.7
405/16	456/18	10/33	12 / 1/2	0.5/75	2500/98	46.3/31.5
457/18	507/20	10/33	10.5 / 1/2	0.5/75	2900/114	55.2/37.5
508/20	558/22	10/33	12 / 1/2	0.5/75	3100/122	64.4/43.8
610/24	664/26	10/33	12 / 1/2	0.5/75	3700/146	87.7/59.6

**Rubber lined steel pipes**

ID mm/inch	Lenght m/feet	Wear tube mm/inch	Operating pressure MPa/psi	Weight incl. kg/lbs
102/4	3/10	5/0.2	1.0/150	22/49
102/4	6/20	5/0.2	1.0/150	44/96
102/4	10/33	5/0.2	1.0/150	72/160
127/5	3/10	5/0.2	1.0/150	28/63
127/5	6/20	5/0.2	1.0/150	56/123
127/5	10/33	5/0.2	1.0/150	93/204
152/6	3/10	5/0.2	1.0/150	34/75
152/6	6/20	5/0.2	1.0/150	67/149
152/6	10/33	5/0.2	1.0/150	112/247
204/8	3/10	5/0.2	1.0/150	61/134
204/8	6/20	5/0.2	1.0/50	119/261
204/8	10/33	5/0.2	1.0/150	196/431
254/10	3/10	5/0.2	0.5/75	75/165
254/10	6/20	5/0.2	0.5/75	147/324
254/10	10/33	5/0.2	0.5/75	243/536
305/12	3/10	5/0.2	0.5/75	89/196
305/12	6/20	5/0.2	0.5/75	175/386
305/12	10/33	5/0.2	0.5/75	290/639
355/14	3/10	10/0.4	0.5/75	162/356
355/14	6/20	10/0.4	0.5/75	320/704
355/14	10/33	10/0.4	0.5/75	530/1169
405/16	3/10	10/0.4	0.5/75	185/408
405/16	6/20	10/0.4	0.5/75	364/803
405/16	10/33	10/0.4	0.5/75	603/1329
457/18	3/10	10/0.4	0.5/75	208/458
457/18	6/20	10/0.4	0.5/75	409/901
457/18	10/33	10/0.4	0.5/75	676/1491
508/20	3/10	10/0.4	0.5/75	233/514
508/20	6/20	10/0.4	0.5/75	456/1004
508/20	10/33	10/0.4	0.5/75	752/1658
610/24	3/10	10/0.4	0.5/75	286/630
610/24	6/20	10/0.4	0.5/75	551/1214
610/24	10/33	10/0.4	0.5/75	904/1993

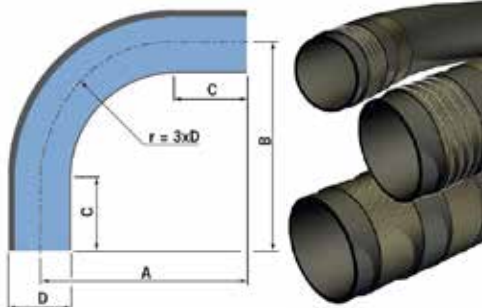
Slurry handling

**3xD bends 45°**



ID mm/inch	OD mm/inch	Wear tube outer radius mm/inch	Operating pressure MPa/psi	A x B mm/inch	C mm/inch	r
51/2	72/3	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	120 x 290/5x11	105/4	155
76/3	99.5/4	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	140 x 340/6x13	105/4	230
102/4	125/5	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	195 x 475/8x19	150/6	305
127/5	154/6	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	245 x 595/10x23	190/7	380
152/6	178/7	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	285 x 690/11x27	215/8	455
204/8	238/9	10 / <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1/150	375 x 905/15x36	275/11	615
254/10	291/11	10 / <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	0.5/75	375 x 905/15x36	215/8	765
305/12	341/13	10 / <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	0.5/75	445 x 1085/18x43	255/10	915
355/14	403/16	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	520 x 1255/20x49	295/12	1065
405/16	456/18	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	640 x 1540/25x61	400/16	1215
457/18	507/20	14 / <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	0.5/75	755 x 1825/30x72	500/20	1371
508/20	558/22	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	800 x 1930/31x76	500/20	1520
610/24	664/26	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	965 x 2352/38x93	605/24	1830

**3xD bends 90°**

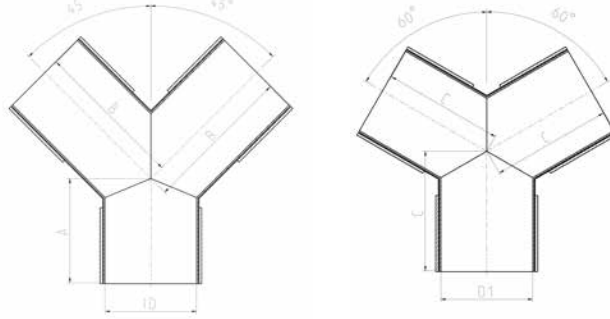


ID mm/inch	OD mm/inch	Wear tube outer radius mm/inch	Operating pressure MPa/psi	A x B mm/inch	C mm/inch	r
51/2	72/3	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	260 x 260/10x10	105/4	155
76/3	99.5/4	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	335 x 335/13x13	105/4	230
102/4	125/5	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	455 x 455/18x18	150/6	305
127/5	154/6	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	570 x 570/22x22	190/7	380
152/6	178/7	8 / <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1/150	670 x 670/26x26	215/8	455
204/8	238/9	10 / <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1/150	890 x 890/35x35	275/11	615
254/10	291/11	10 / <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	0.5/75	980 x 980/39x39	215/8	765
305/12	341/13	10 / <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	0.5/75	1170 x 1170/46x46	255/10	915
355/14	403/16	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	1360 x 1360/54x54	295/12	1065
405/16	456/18	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	1615 x 1615/64x64	400/16	1215
457/18	507/20	14 / <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	0.5/75	1871 x 1871/74x74	500/20	1371
508/20	558/22	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	2020 x 2020/80x80	500/20	1520
610/24	664/26	16 / <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.5/75	2440 x 2440/96x96	605/24	1830

Slurry handling

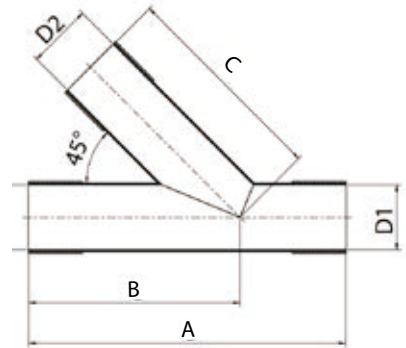


**Branch pipes**



ID mm/inch	A mm/inch	B mm/inch	C mm/inch	Wear tube mm/inch	Operating pressure MPa/psi
102/4	200/8	300/12	250/10	5/0.2	1.0/150
127/5	250/10	350/14	300/12	5/0.2	1.0/150
152/6	300/12	400/16	300/12	5/0.2	1.0/150
204/8	350/14	450/18	400/20	5/0.2	1.0/150
254/10	300/16	450/18	350/14	5/0.2	0.5/75
305/12	350/14	500/20	400/16	5/0.2	0.5/75
355/14	400/16	600/24	450/18	10/0.4	0.5/75
405/16	550/22	750/30	600/24	10/0.4	0.5/75
457/18	650/26	850/33	700/28	10/0.4	0.5/75
508/20	700/28	900/35	750/30	10/0.4	0.5/75
610/24	850/33	1050/41	900/35	10/0.4	0.5/75

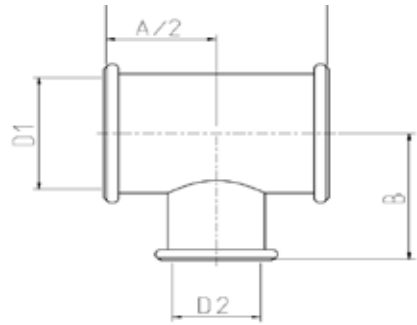
**Branch pipes**



ID D1 mm/inch	ID D2 mm/inch	A mm/inch	B mm/inch	C mm/inch	Wear tube mm/inch	Operating pressure MPa/psi
102/4	102/4	700/28	500/20	400/16	5/0.2	1.0/150
127/5	127/5	800/31	550/22	450/18	5/0.2	1.0/150
152/6	152/6	900/35	625/25	550/22	5/0.2	1.0/150
204/8	204/8	1100/43	750/30	650/26	5/0.2	1.0/150
254/10	254/10	1100/43	800/31	700/28	5/0.2	0.5/75
305/12	305/12	1300/51	950/37	800/31	5/0.2	0.5/75
355/14	355/14	1500/59	1100/43	950/37	10/0.4	0.5/75
405/16	405/16	1900/75	1350/53	1150/45	10/0.4	0.5/75
457/18	457/18	2000/79	1400/55	1300/51	10/0.4	0.5/75
508/20	508/20	2350/93	1650/65	1450/57	10/0.4	0.5/75
610/24	610/24	2750/108	1950/77	1750/69	10/0.4	0.5/75

Slurry handling

**Branch pipes**

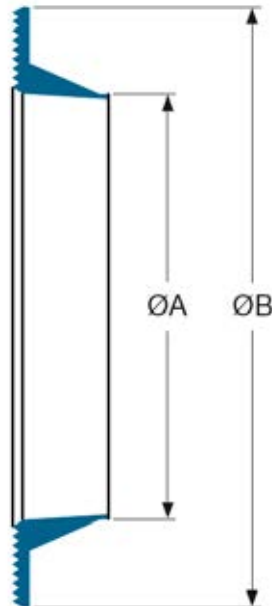


With split steel flanges

ID D1 mm/inch	ID D2 mm/inch	A mm/inch	B mm/inch	Wear tube mm/inch	Operating pressure MPa/psi
102/4	102/4	380/15	258/10	5/0.2	1.0/150
127/5	102/4	380/15	271/10.5	5/0.2	1.0/150
152/6	102/4	380/15	283/11	5/0.2	1.0/150
204/8	102/4	380/15	310/12	5/0.2	1.0/150
254/10	102/4	380/15	335/13	5/0.2	0.5/75
305/12	102/4	380/15	361/14	5/0.2	0.5/75
355/14	102/4	380/15	392/15	10/0.4	0.5/75
405/16	152/6	380/15	417/16	10/0.4	0.5/75
457/18	152/6	380/15	443/17	10/0.4	0.5/75
508/20	152/6	380/15	469/18	10/0.4	0.5/75
610/24	152/6	380/15	520/20	10/0.4	0.5/75

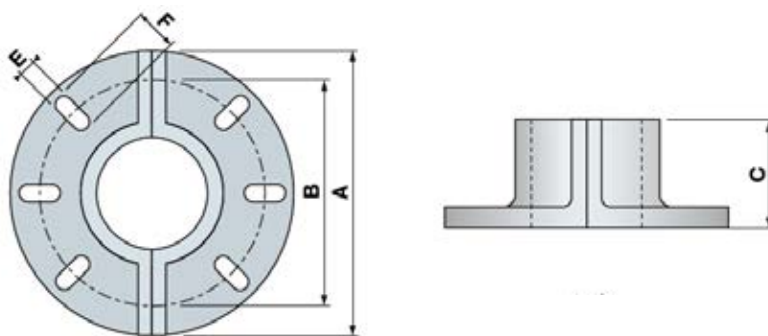
**Gaskets**

For internal hose diameter mm/inch	A mm/inch	B mm/inch
51/2.0	49/1.9	89/3.5
76/3.0	74/2.9	118/4.6
102/4.0	98/3.9	144/5.7
127/5.0	123/4.9	175/6.9
152/6.0	148/5.8	202/8.0
204/8.0	198/7.8	258/10.0
254/10.0	248/9.7	314/12.3
305/12.0	298/11.7	365/14.3
355/14.0	350/13.7	415/16.3
405/16.0	400/15.7	466/18.3
457/18.0	452/17.8	520/20.5
508/20.0	503/19.8	578/22.7
610/24.0	605/23.8	684/27.0



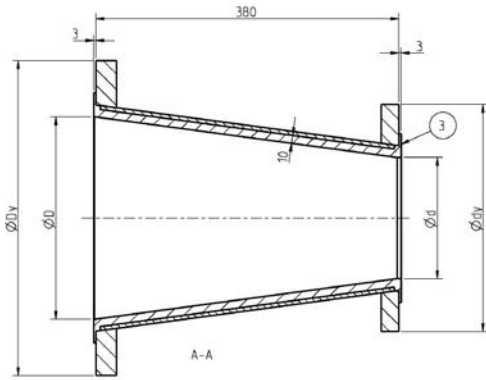
Slurry handling

**Couplings**

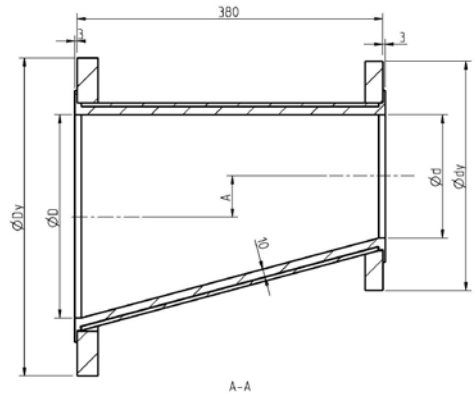


Coupl. size	A mm/inch	B mm/inch	C mm/inch	ExF mm/inch	Holes per joint	Sept./ segment
51	165/7	124/5	91/3.5	18x20/ 0.7x0.8	2	2
76	200/8	158/6	91/3.5	18x24/0.7x0.9	2	2
102	220/9	184/7	133/5	18x24/0.7x0.9	3	2
127	250/10	213/ 8	165/6.5	23x26/0.9x 1.0	3	2
152	285/11	238/9	197/8	23x27/0.9x1.0	3	2
204	340/13	295/12	257/10	23x26/0.9x1.0	3	2
254	405/16	353/14	197/8	25x33/1.0x1.3	5	2
305	476/19	401/16	237/9	25x30/1.0x1.2	5	2
1305	495/19.5	424/17	237/9	25x40/1.0x1.5	5	2
355	530/21	455/18	277/9	27x40/1.0x1.5	3	4
1355	530/21	466/18.5	277/9	28x41/1.1x1.6	2	4
405	600/24	521/21	400/16	27x51/1.0x2.0	3	4
457	634/25	556/22	450/18	27x36/1.0x1.4	4	4
1457	634/25	569/22.5	450/18	27x36/1.0x1.4	3	4
508	698/27	621/24	500/20	27x44/1.0x1.7	4	4
610	820/32	731/29	600/24	30x52/1.0x2.0	4	4

Coupl. Size	Weight kg/lbs	Matches flange		
		DIN 2501 PN 10	Ansi B16.1, 150 lbs mm/inch	Operating press. Mpa/psi
51	1.8/4	50	51/2"	1.0/145
76	2.4/5	80	76/3"	1.0/ 145
102	3.5/8	100	102/4"	1.0/ 145
127	4.8/11	125	127/5"	1.0/ 145
152	6.2/14	150	152/6"	1.0/ 145
204	10.6/23	200	204/8"	1.0/ 145
254	11.1/24	250	254/10"	0.5/73
305	18.4/41	300	-	0.5/ 73
1305	21.4/47	-	305/12"	0.5/ 73
355	25.6/56	350	-	0.5/ 73
1355	27.0/60	-	355/14"	0.5/ 73
405	45.4/100	400	406/16"	0.5/ 73
457	49.9/110	450	-	0.5/ 73
1457	51.3/113	-	457/18"	0.5/ 73
508	61.7/136	500	508 /20"	0.5/ 73
610	79.5/175	600	610/24"	0.5/ 73

**Reducers, rubber lined steel**

Concentric



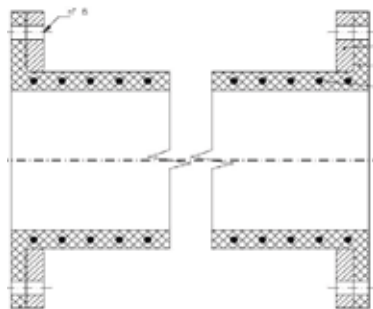
Eccentric

$\phi D/\phi d$ mm-inch	Wear tube mm/inch	Working pressure Mpa/psi	Length mm/inch
127/102-5/4	10/0.4	1.0/145	380/15
152/102-6/4	10/0.4	1.0/145	380/15
152/127-6/5	10/0.4	1.0/145	380/15
204/127-8/5	10/0.4	1.0/145	380/15
204/152-8/6	10/0.4	1.0/145	380/15
254/152-10/6	10/0.4	1.0/145	380/15
254/204-10/8	10/0.4	1.0/145	380/15
305/204-12/8	10/0.4	1.0/145	380/15
305/254-12/10	10/0.4	1.0/145	380/15
355/254-14/10	10/0.4	1.0/145	380/15
355/305-14/12	10/0.4	1.0/145	380/15
405/305-16/12	10/0.4	1.0/145	380/15
405/355-16/14	10/0.4	1.0/145	380/15
457/355-19/14	10/0.4	1.0/145	380/15
457/405-19/16	10/0.4	1.0/145	380/15
508/405-20/16	10/0.4	1.0/145	380/15
610/508-24/20	10/0.4	1.0/145	380/15

Flange drilling according DIN 2501 PN10 or ANSI B16.5 150lbs

### Compensators

With split steel flanges



ID mm/inch	Length mm/inch	Permissible movement, mm/inch				Operating pressure MPa/psi	Weight inc. Flanges kg/lbs
		Com- pression	Elon- gation	Lateral	Angular		
51/2"	200/8	2/0.07	2/0.07	5/0.20	3°	1.0/150	4,3/9.5
76/3"	200/8	2/0.07	2/0.07	5/0.20	3°	1.0/150	4,3/9.5
102/4"	200/8	2/0.07	2/0.07	5/0.20	3°	1.0/150	4,3/9.5
127/5"	200/8	2/0.07	2/0.07	10/0.40	3°	1.0/150	5,8/12.8
152/6"	250/10	2,5/0.09	2,5/0.09	10/0.40	3°	1.0/150	7,3/16.1
201/8"	250/10	2,5/0.09	2,5/0.09	10/0.40	3°	1.0/150	10,0/22.0
254/10"	250/10	2,5/0.09	2,5/0.09	10/0.40	3°	1.0/150	13,9/30.6
305/12"	250/10	2,5/0.09	2,5/0.09	10/0.40	3°	1.0/150	16,0/35.3
355/14"	250/10	2,5/0.09	2,5/0.09	10/0.40	3°	1.0/150	20,9/46.1
405/16"	250/10	2,5/0.09	2,5/0.09	10/0.40	3°	1.0/150	29,3/64.6
457/18"	300/12	3/0.11	3/0.11	10/0.40	3°	1.0/150	33,7/74.3
508/20"	300/12	3/0.11	3/0.11	10/0.40	3°	1.0/150	42,8/94.4
610/24"	300/12	3/0.11	3/0.11	10/0.40	3°	1.0/150	56,0/123.5

Flange drilling according DIN 2501 PN10 or ANSI B16.5 150lbs

### Tailing compensators / bends

With split steel flanges

ID mm/inch	Length mm/inch	Permissible movement, mm/inch				Operating pressure MPa/psi	Weight inc. Flanges kg/lbs
		Com- pression	Elon- gation	Dis- placement	Bending radius		
204/8"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	1020/40	2.5/285	35/77
204/8"	5000/197	250/10	250/10	300/12	1020/40	2.5/285	115/254
254/10"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	1270/50	2.5/285	51/112
254/10"	5000/197	250/10	250/10	300/12	1270/50	2.5/285	177/390
305/12"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	1525/60	2.5/285	67/148
305/12"	5000/197	250/10	250/10	300/12	1525/60	2.5/285	222/488
355/14"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	1775/70	1.6/230	79/174
355/14"	5000/197	250/10	250/10	300/12	1775/70	1.6/230	295/650
405/16"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	2025/80	1.6/230	99/218
405/16"	5000/197	250/10	250/10	300/12	2025/80	1.6/230	343/756
457/18"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	2285/90	1.6/230	118/260
457/18"	5000/197	250/10	250/10	300/12	2285/90	1.6/230	411/907
508/20"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	2540/100	1.6/230	157/346
508/20"	5000/197	250/10	250/10	300/12	2540/100	1.6/230	504/1112
610/24"	500/20	25/1	25/1	30/1.2	3050/120	1.6/230	225/496
610/24"	6000/236	250/10	250/10	300/12	3050/120	1.6/230	794/1750

Flange drilling according DIN 2501 PN16/PN25 or ANSI B16.5 150/300lbs

Slurry handling

**Tailing pipes**

With split steel flanges

Length m/ft	Wear tube mm/inch	Operating pressure Mpa/psi	Weight incl. flanges kg/lbs
3/10	5/0.2	2.5/285	79/174
6/20	5/0.2	2.5/285	137/301
10/33	5/0.2	2.5/285	214/471
3/10	5/0.2	2.5/285	103/226
6/20	5/0.2	2.5/285	175/386
10/33	5/0.2	2.5/285	271/598
3/10	5/0.2	2.5/3285	125/276
6/20	5/0.2	2.5/285	211/465
10/33	5/0.2	2.5/285	326/718
3/10	10/0.4	1.6/230	212/466
6/20	10/0.4	1.6/230	370/815
10/33	10/0.4	1.6/230	610/1345
3/10	10/0.4	1.6/230	250/551
6/20	10/0.4	1.6/230	429/946
10/33	10/0.4	1.6/230	668/1472
3/10	10/0.4	1.6/230	288/634
6/20	10/0.4	1.6/230	489/1077
10/33	10/0.4	1.6/230	756/1667
3/10	10/0.4	1.6/230	351/775
6/20	10/0.4	1.6/230	574/1264
10/33	10/0.4	1.6/230	870/1918
3/10	10/0.4	1.6/230	466/1027
6/20	10/0.4	1.6/230	731/1611
10/33	10/0.4	1.6/230	1084/2390

Flange drilling according DIN 2501 PN16/PN25 or ANSI B16.5 150/300lbs







## Introduction

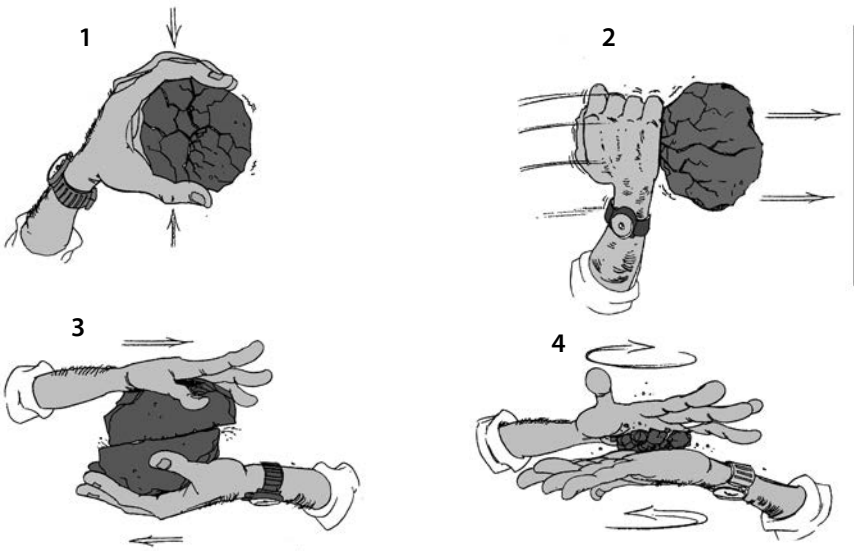
Mineral processing activities unavoidably result in wear. And wear costs money. Often lots of money. This is related to the structure of rock, ore or minerals, being crystals normally both hard and abrasive.

### Why wear at all?

Wear is caused by the normal rock stress forces

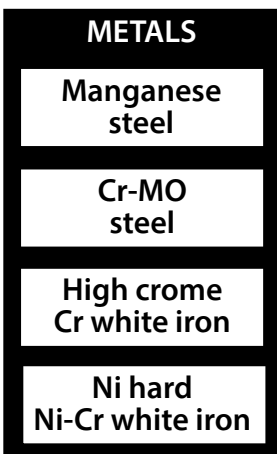
- Compression (1)
- Impaction (2)
- Shearing (3)
- Attrition (4)

in combination with mineral abrasion, hardness and energy!

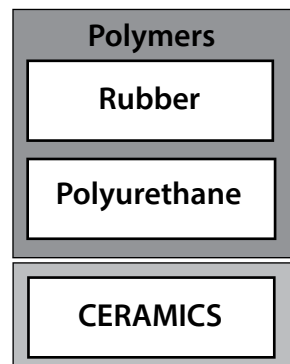


## Wear in operation

caused by



protected by



Wear by compression

COMPRESSION	IMPACTION HIGH VELOCITY >7m/s	IMPACTION LOW VELOCITY <7m/s	SLIDING
-------------	----------------------------------	---------------------------------	---------

**Metals**

Manganese steel

Ni hard  
Ni-Cr white iron

High chrome  
Cr white iron

**Metals and compression**

**Manganese steel:** The first option for compression wear is manganese steel. This alloy has a very special property, being self hardening and self healing when exposed to large amounts of compression and impact energy. Normal standard is a 14% Mn alloy which is first option in most crushing applications. 18 % Mn alloy is a harder but also a more brittle alloy used in applications where the rock is softer (limited self hardening) but very abrasive.

**Restrictions:**  
When installed in applications without work hardening service life will be poor!

The alloys of cast "white iron" type (High-chrome and Ni-hard) shall be avoided in crushers submitted to heavy compression.

Applications:

Crushers { Gyrotory  
Cone  
Jaw

Wear by impaction (high)

COMPRESSION	IMPACTION HIGH VELOCITY >7m/s	IMPACTION LOW VELOCITY <7m/s	SLIDING
-------------	----------------------------------	---------------------------------	---------

**Metals**

Manganese steel

Ni hard  
Ni-Cr white iron

High chrome  
Cr white iron

**Metals and impaction**

The metals can be classified as:

**Manganese:** Needs high impaction for self hardening. If impaction is getting lower and sliding is increasing Manganese is not suitable.

**High Chrome:** Opposite to manganese, can take heavy sliding but is more fragile and therefore limited against impaction.

**Ni-hard:** Somewhere between the two materials above.

**Cr-Mo:** Used in grinding when High Chrome is too brittle

**Note!** The use of chrome steel (less brittle than chrome iron) is increasing for liners, curtains and hammers.

**Poly-Met:** A combination of rubber and wear resistant metallic alloys is often an alternative to an all metallic lining in high impact grinding mills as the rubber will absorb the impact and prevent cracking of the metal.

Applications:

Impactors { HSI  
VSI

Grinding mills  
Slurry pumps

## Wear by impaction (low)

COMPRESSION	IMPACTION HIGH VELOCITY >7m/s	IMPACTION LOW VELOCITY <7m/s	SLIDING
	<p><b>Rubber and impaction</b> For low velocity impaction (material speed less than 7 m/s) wear resistant rubber is always the first choice and will give the best cost effectiveness. The material is also very tolerant to material size and is excellent for use in grinding mills, dump trucks and primary hoppers.</p> <p>The rubber compound is selected to suit the specific application.</p> <p><b>Restrictions:</b> Look out for aromatic and fuel oils. Impact angles have to be considered, see 9:4.</p>	<p><b>Polymers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rubber</li> <li>Polyurethane</li> </ul> <p><b>CERAMICS</b></p> <p><b>Applications:</b> Dump Trucks, Feeder hoppers, Transfer points, Grinding Mills, Slurry pumps</p>	

## Wear by sliding

COMPRESSION	IMPACTION HIGH VELOCITY >7m/s	IMPACTION LOW VELOCITY <7m/s	SLIDING
			<p><b>Rubber and sliding</b> Wear resistant rubber is an outstanding option for the sliding abrasion of small, hard and sharp particles. Also for wet conditions.</p> <p><b>Restrictions:</b> If sliding speed is exceeding 7 m/s (dry applications) temperature can start to rise and cause damage. Besides temperature oil is always a threat.</p> <p><b>Polyurethane and sliding</b> Best option for tough sliding applications when particle size is lower than 50 mm. Excellent in wet applications. Tolerant to chemicals and oil.</p> <p><b>Restrictions:</b> Large sizes and high velocity might cause problems.</p> <p><b>Ceramics and sliding</b> The natural choice when mission is too hard for the options above. Hardness, resistance to temperature and corrosion plus low weight gives a masterpiece for sliding. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aluminum oxide) is the most cost-effective material.</p> <p><b>Restrictions:</b> Impaction is dangerous for ceramics (cracking) and must be avoided. Combination ceramics + rubber is an option. Composition and quality can vary from supplier to supplier.</p>

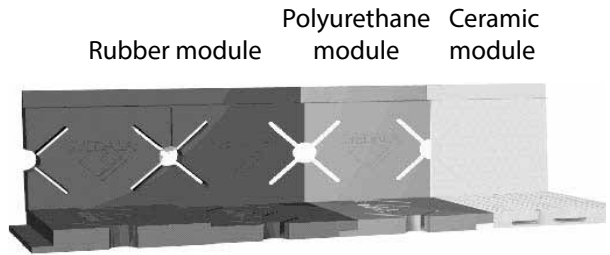
Wear in operation

## Wear in operation

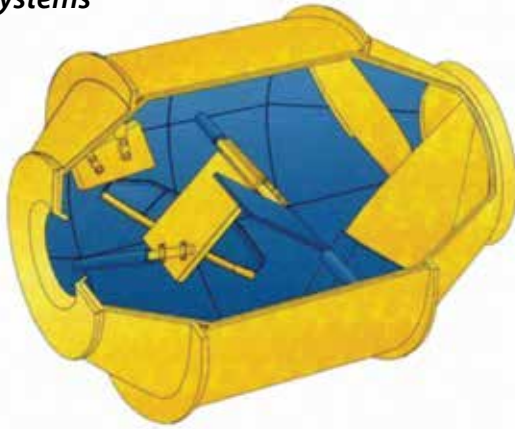
### Wear protection – Wear products

#### Modules

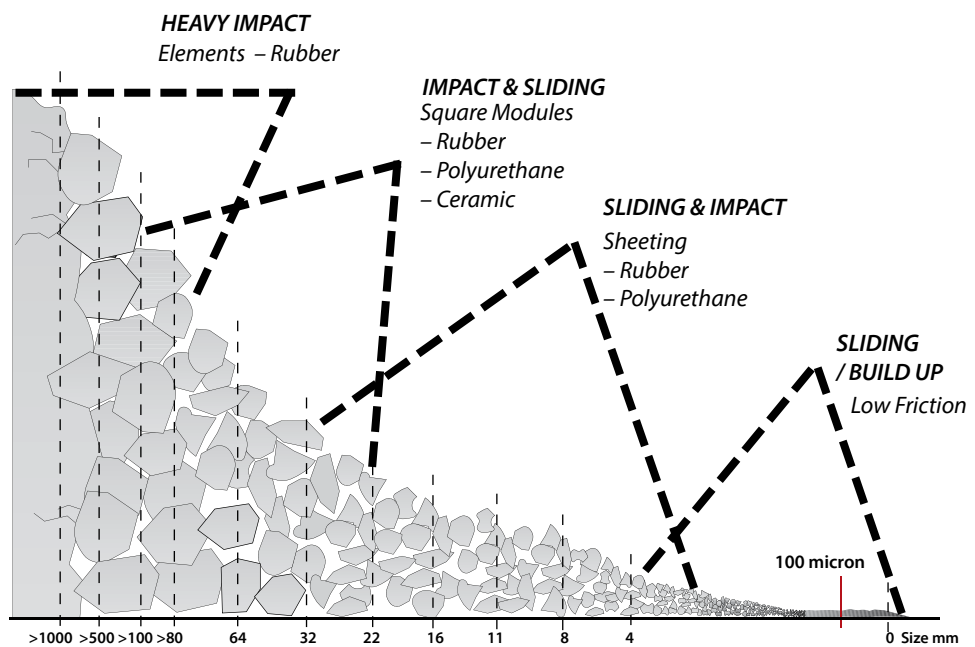
Sheets, elements and profiles



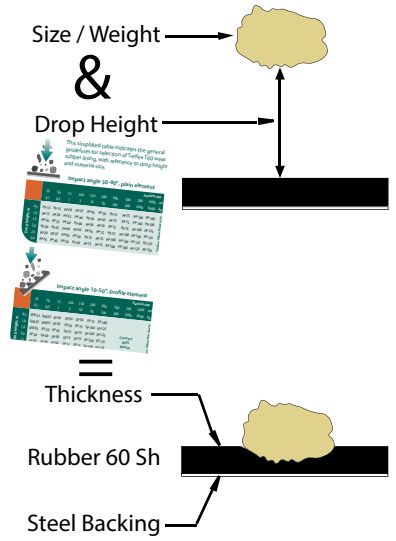
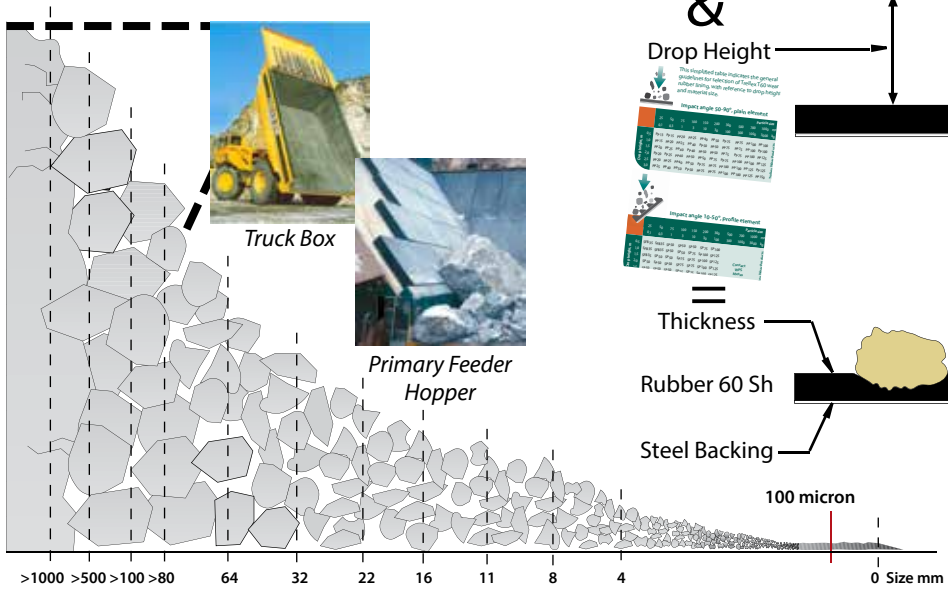
#### Customized lining systems



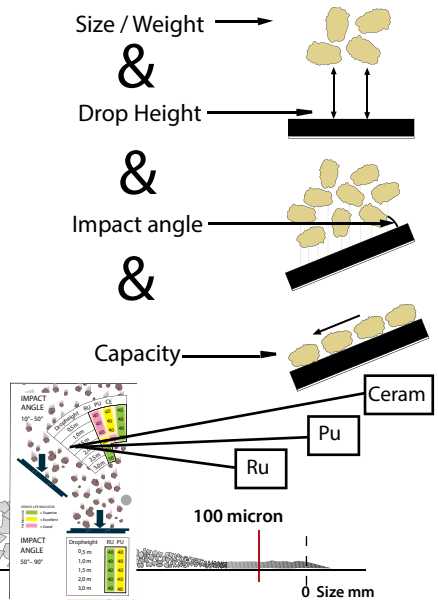
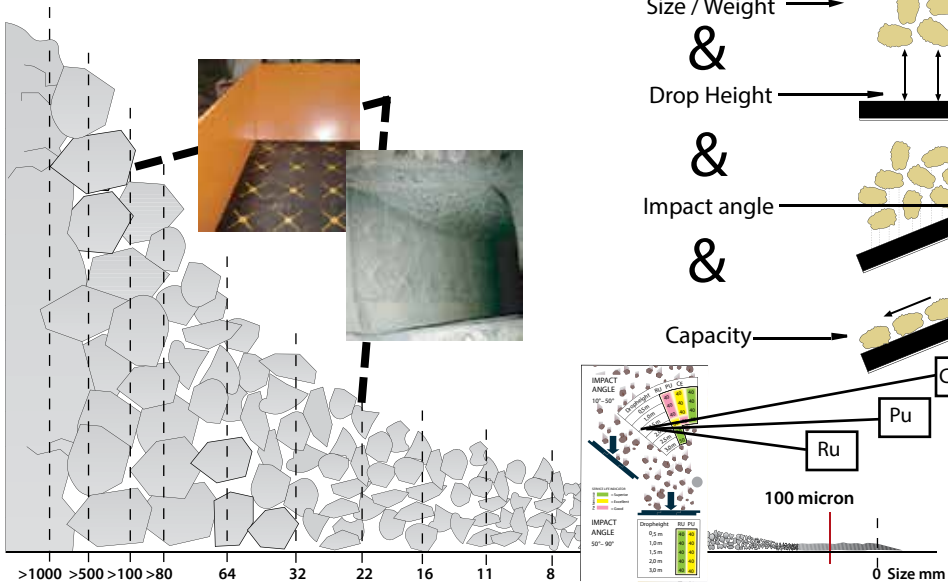
### Wear products – applications



### Heavy impact – Selection



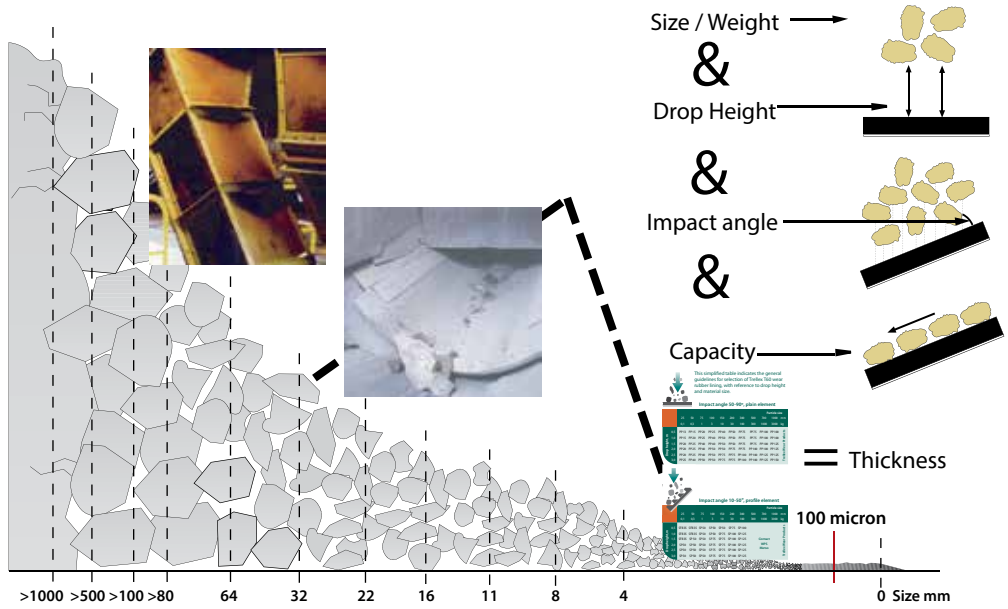
### Impact and sliding – Selection (modules)



Wear in operation

## Wear in operation

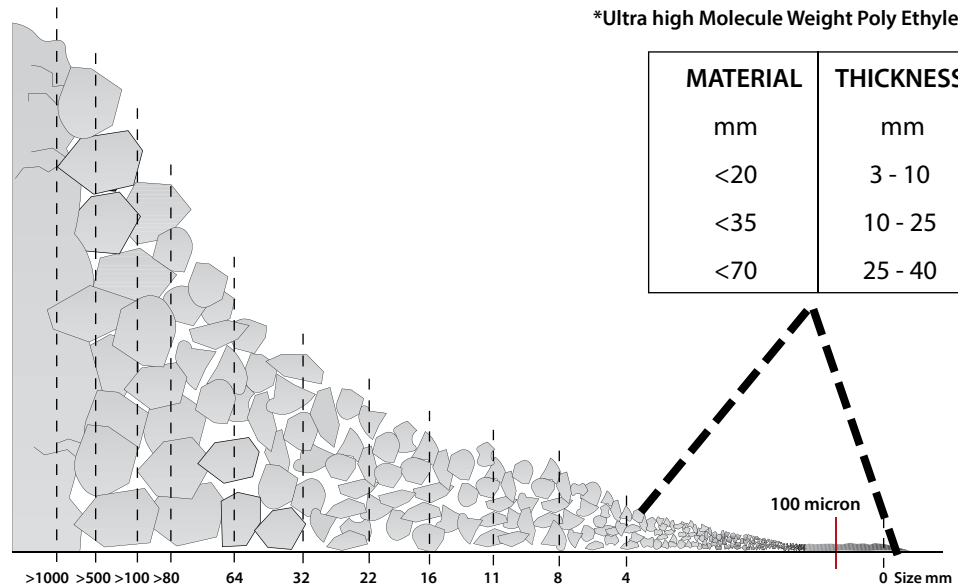
### Impact and sliding – Selection (sheeting)



### Sliding and build up – selection

#### Low Friction Elements – UHMWPE\*

\*Ultra high Molecule Weight Poly Ethylene



## Wear protection – Wear parts

### Wear parts – Screening

Self supporting rubber panels



Rubber & polyurethane tension mats



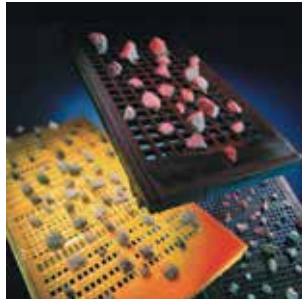
Rubber & polyurethane bolt down panels



Antiblinking rubber mats



Rubber / polyurethane modular systems



### Wear parts – Grinding

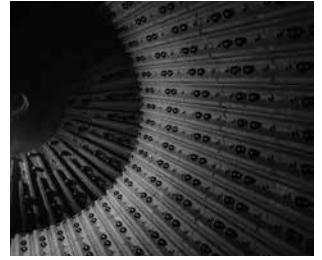
Rubber linings



Poly-Met® linings



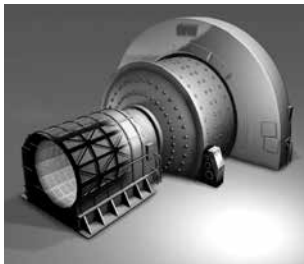
Metallic linings



Orebed® linings



Trommel screens

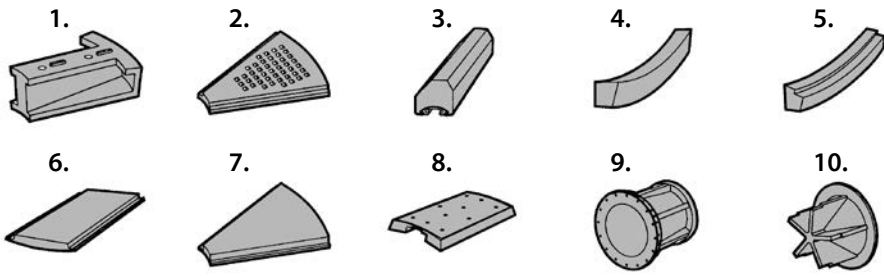


Discharge systems



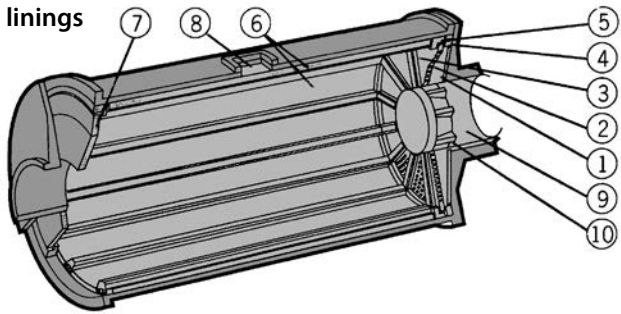
## Wear in operation

### Tumbling mill – lining components



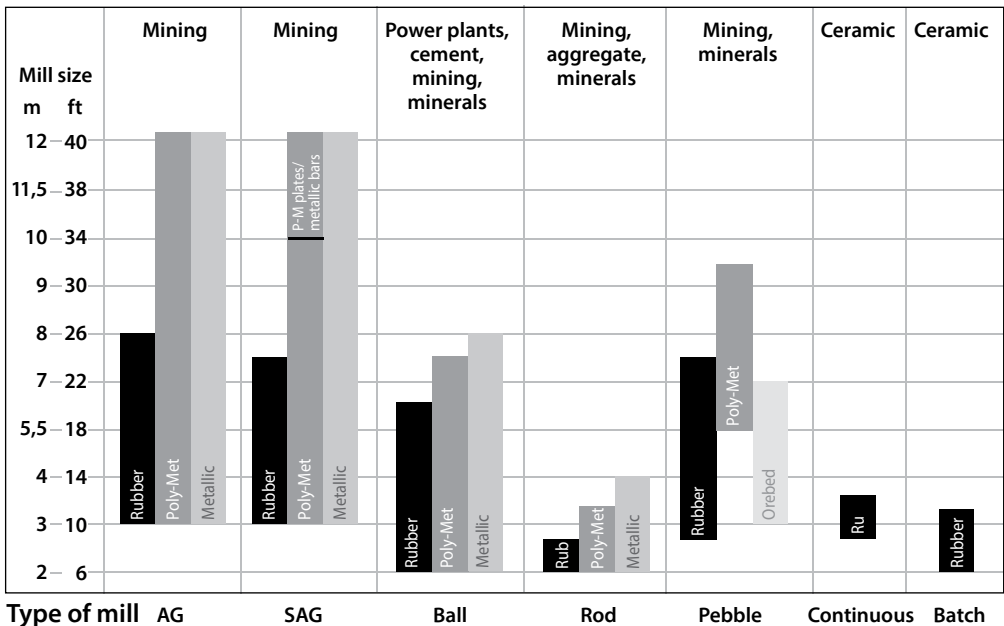
Lining life time – standard linings  
“ball park figures”

Type of mill	Months
AG	8 – 18
SAG	3 – 12
Rod	6 – 24
Ball	6 – 36
Pebble	12 – 48



### Linings for mills\*

#### Type of industry



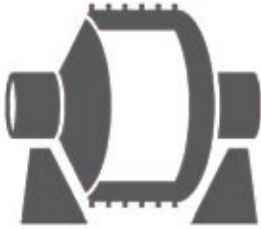
Discharge systems, trunnion linings and trommel screens are suitable for all sizes.

\*This is a general view of suitable linings. Please contact Metso for more detailed information.



**Tumbling mill liners – material**

**AG mills**



**Dry:** Metal (white iron) or Cr-MO  
**Wet:** Metal (white iron, Cr-MO or Poly-Met)

**SAG mills**



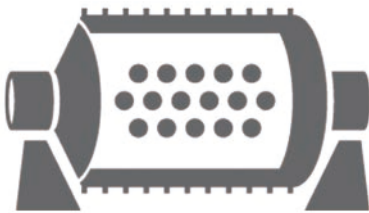
**Dry:** Metal (Cr-Mo)  
**Wet:** Metal (Cr-Mo or Poly-Met)

**Rod mills**



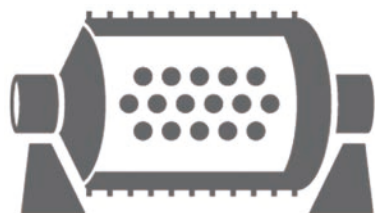
**Dry:** Metal (white iron) or Cr-MO  
**Wet:** Metal (white iron) Rubber and Poly-Met, or Cr-MO  
 Head liners in rod mills are always Cr-Mo

**Ball and Pebble mills**



**Primary or secondary mills:** Rubber or Poly-Met. Select type of insert based on level of impact in the mill.  
**Regrind:** Rubber

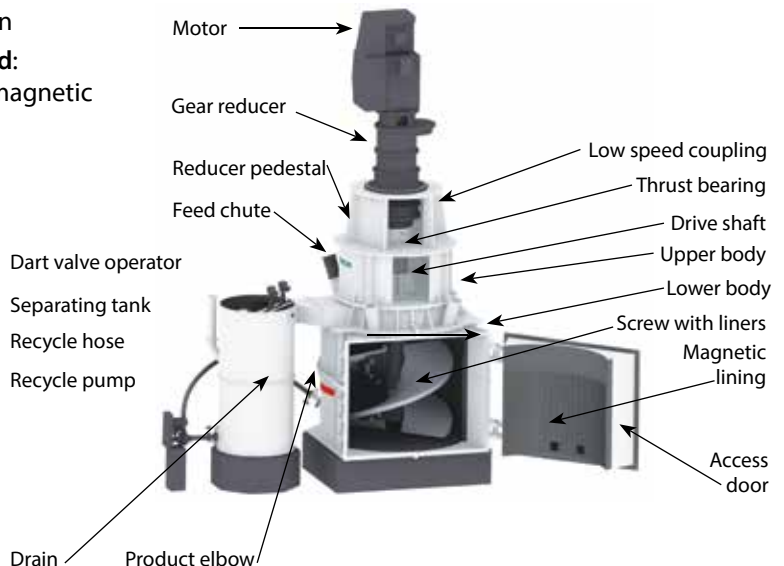
**SRR mills**



**Dry-rod:** Metal  
**Dry-ball:** Metal (or rubber if temperature not critical)  
**Wet-rod:** Metal or rubber  
**Wet-ball:** Rubber

**VERTIMILL® – Liners**

**Screw lined:** with White iron  
**Chamber lined:** with Orebed magnetic liners.

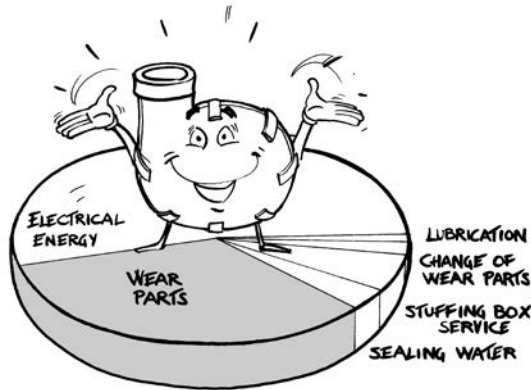


Wear in operation

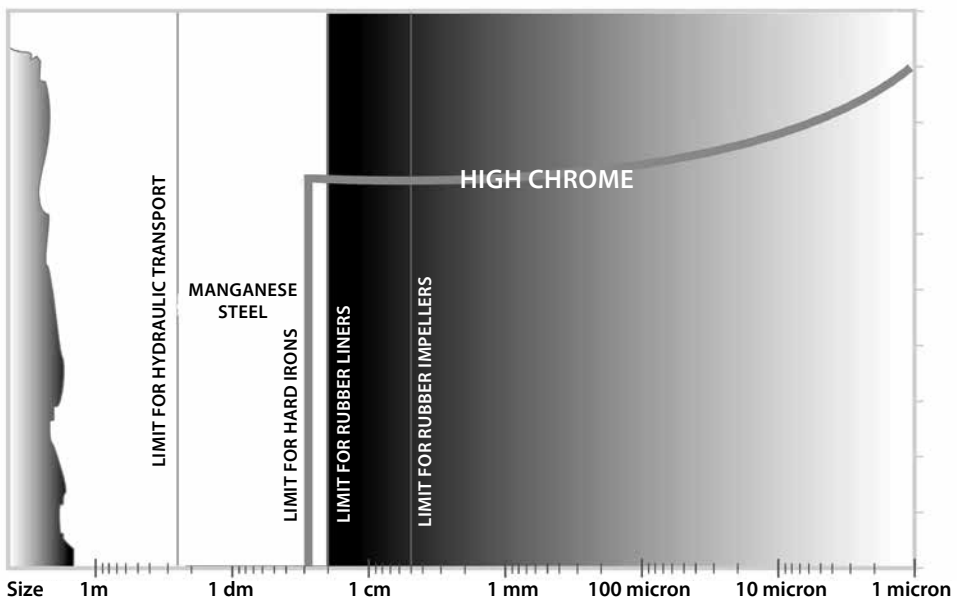
## Wear in operation

### Wear parts – Slurry pumps

Although the size of solids in a slurry is smaller than the feed size to a crusher or a grinding mill, wear represents a high operation cost for slurry pumping. This is naturally related to the high dynamic energy input in the form of high tip speed of the pump impeller causing both sliding and impaction wear.



### Wear material vs size



### Wear parts pumps – metal

**High chrome iron** (600Br) can be used at Ph down to 2.5. Standard wear material for most pump ranges.

**Ni – hard** with hardness exceeding 600 Br used mainly as casing material for pumps in grinding circuits or dredging.

**High density frozen Ni-hard** with hardness up to 900 Br used as casing material in primary grinding circuits.

**Manganese steel** with hardness up to 350 Br used for dredging applications.

**Wear parts pumps – elastomers**

Material	Physical properties		Chemical properties			Thermal properties	
	Max. Impeller Tip Speed (m/s)	Wear resistance	Hot water, diluted acids	Strong and oxidising acids	Oils, hydrocarbons	Highest service temp.(°C) Contin. Occasion.	
Natural Rubbers	27	Very good	Excellent	Fair	Bad	(-50) to 65	100
Chloroprene 452	27	Good	Excellent	Fair	Good	90	120
EPDM 016	30	Good	Excellent	Good	Bad	100	130
Butyl	30	Fair	Excellent	Good	Bad	100	130
Polyurethane	30	Very good	Fair	Bad	Good	(-15) to 45-50	65

**Something about ceramic liners**

Although ceramics have high resistance against wear, temperature and most chemicals, they have never really been accepted as day-to-day standards in Slurry Pumping.

Being both brittle and expensive to manufacture.

Development work on ceramics continue in an attempt to improve the possible acceptance.



## Wear in operation

### Wear in slurry pipelines

It is not easy to compare wear rates for different materials in a slurry pipeline depending on variations in duty. As a guide the figures below can be used (Transport and Road Research Laboratory test report of wear in slurry pipelines).

From the first of two programs of wear tests, the following conclusions were reached:

- Over the range investigated (2 to 6 m/s) wear varied according to a power between the square and cube of the velocity.
- Over the range investigated (5 to 15% by volume) wear varied more or less linearly with concentration.
- Over the range investigated (0.015 to 1.5 mm) wear varied more or less linearly with particle size.
- Emery (Mohs Hardness 8 to 9) produced a wear rate several times greater than that for silica sand (Mohs hardness 6 to 7).

In the second program the operating conditions were kept constant (velocity 4 m/s, 10% slurry) while 18 different pipe materials were compared.

Among them, three were rubber “a” (Trellex T40) - rubber “b” (Trellex T60) and rubber “c” (a British make).

Material	Wear rate (mm/year)	Life expectancy of a 5 mm thick tube (years)
Rubber “a” (Trellex T40)	0.13	38
Zirconia/alumina ceramic	0.15	33
Ni-hard steel	0.19	26
Polyurethane “a”	0.20	25
Polyurethane “b”	0.22	22
Rubber “b” (Trellex T60)	0.35	14
Sintered alumina	0.40	12
Rubber “c” (not Trellex)	0.61	8
High Density polyurethane “b”	0.67	7
High density polyvinyl chloride	0.87	5
Unplasticised polyvinyl chloride	1.27	4
Stainless steel	1.29	4
Mild steel “a”	1.57	3
Polypropylene	1.59	3
Mild steel “b”	1.69	3
ABS	2.52	2
Asbestos/cement	94.68	–





## Operation and environment – Introduction

From environmental, health and safety point of view most mineral processing operations have some negative effects on the working environment.

The main problems are related to

- Dust (dry plants)
- Noise (wet and dry plants)
- Pollution (emissions other than dust to air and water)

Regarding pollution of water and air by various emissions we refer to the process sections 5 and 6 above (enrichment and upgrading).

## Dust

### Dust – Size

When energy is introduced to rock, ore or mineral crystals will generate a dust emission. *With dust in mineral processing we practically understand particles below 100 micron in size.* Above this size dry particles are easy to control and are quite harmless.

### Dust – Chemical composition

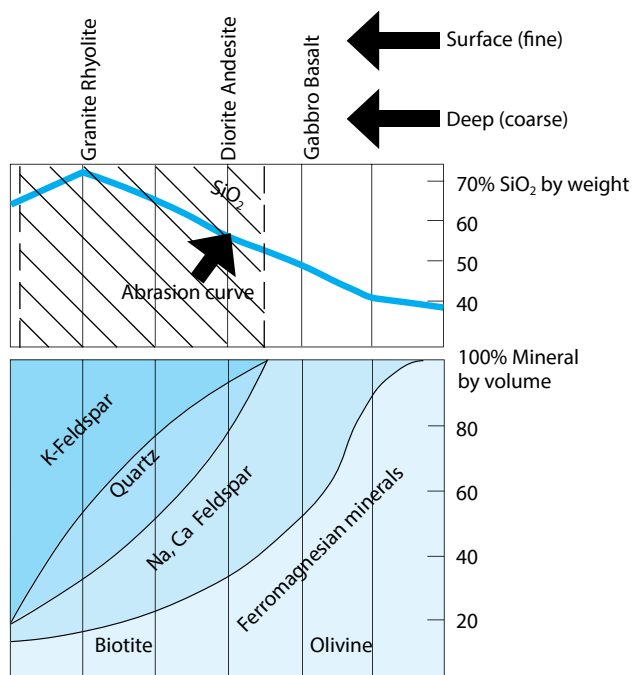
A parameter of interest is the chemical composition. Hard rock in many cases is hazardous due to the silica content.

*Free quartz (SiO<sub>2</sub>) is extremely dangerous and so are the rocks containing quartz like granite, gneiss a.o. see figure below. Fine silica can cause silicosis, a deadly lung disease. Mg-silicate of asbestos type is also very dangerous when inhaled, causing lung cancer.*

As many of the silicates are hard and abrasive these dust fractions also are causing heavy wear when exposed to bearings, motors etc.

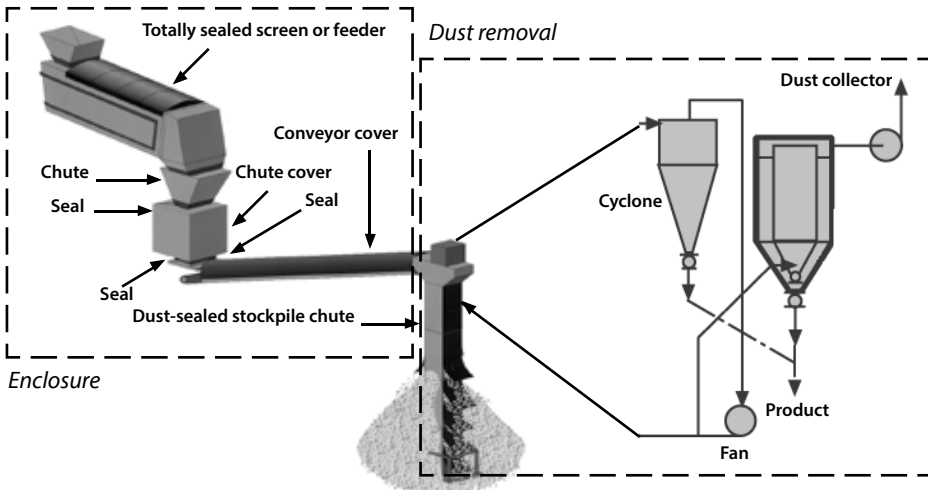
### Dust – SiO<sub>2</sub> levels

Dust fractions of non-silica type are normally not too dangerous for the operators and give more like a “housekeeping” problem.



SiO<sub>2</sub> levels in magmatic rock

### Dust control – Basic

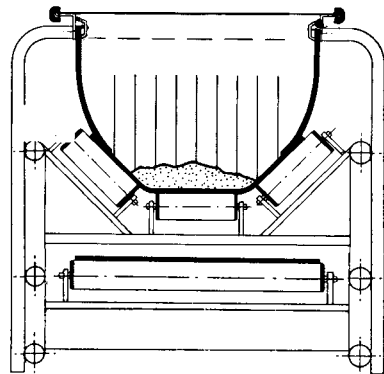


#### Some guidelines:

1. Let the dust report to the material flow by using dust suppression or enclosure.
2. Suppression by water or foam is cheap and handy but can only take care of the coarser dust. Fine dust will remain a problem. If too much water is used the dust will turn to sticky clay, causing down time in operation and freezing in cold climate.
3. Enclosures of machines are very effective provided that you only encapsulate the dust emitting part of the machine, not drives or other moving parts. Enclosures are also very effective against wind emission of fines from conveyors and for sealing off transfer points, see below.
4. Dust removal by ventilation is used when the dust is the product (dry grinding of filler fractions) or when dust is not allowed in the final product or in the processing system, see ventilation criteria below.



Equipment enclosure



Wind enclosure



**Ventilation criteria**

Dust capture velocity in m/s (ft/min)

= Ventilation criteria (Vc) in m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup> (ft<sup>3</sup>/min/ft<sup>2</sup>)

= Air volume needed per open area of enclosure

Calculation of ventilation systems for dust removal is a tricky thing. Some estimation figures below:

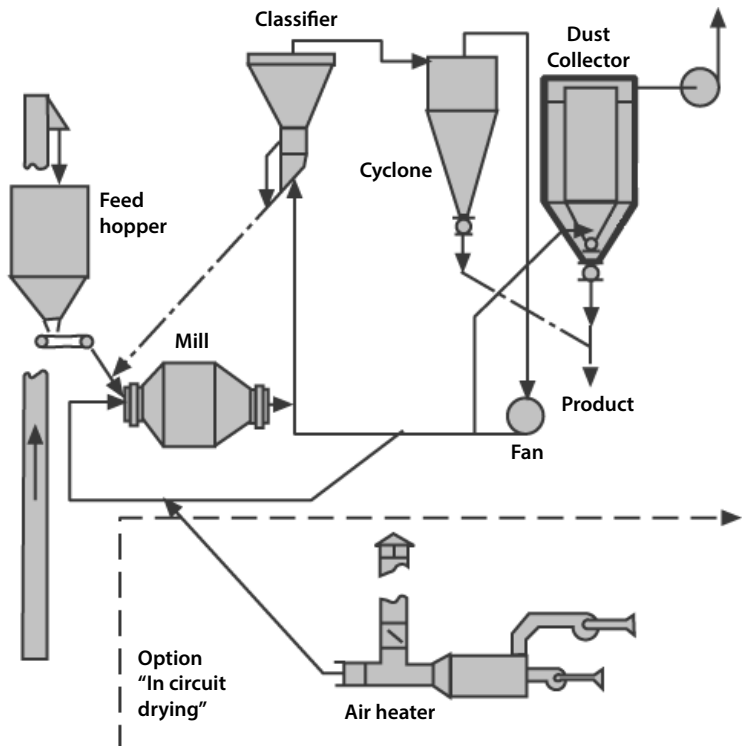
Application	Vc	Comments
Feeders, surge bin openings	1,02 (200)	General value for low-energy operations
Transfer points	2,33 (1500)	per enclosure area
Screens	0,26 (50)	per screen area
Crushers and dry mills	1,5 (300)	not for air swept mills

**Dust collection**

The dust removal and dust collecting systems are very similar to a normal dry classification circuit. Dry classification is in fact a dust removal system where the max size of the dust is controlled by a classifier (or ventilation criteria), See below.

Primary recovery of dust is normally done in a cyclone taking the major part. The final recollection is done in a wet scrubber or a fabric filter.

Wet scrubber has an advantage over fabric filter when the dust is combustible. In all other cases the dry fabric filtration is more effective as no sludge handling is required (being the case with wet scrubbers).



Operation and environment

### Noise

#### General

In mineral processing there are a number of machines considered to be very noisy (crushers, screens and grinding mills are typical).

By definition noise is an “undesirable” sound. As sound is **air borne sound pressure variations**, we have to find a sound pressure level, which can be tolerated by the operators. Noise is not only harmful to the hearing but also affects the heart action and the ability of concentration. It also restricts verbal communication and the observation of warning signals or dangerous situations.

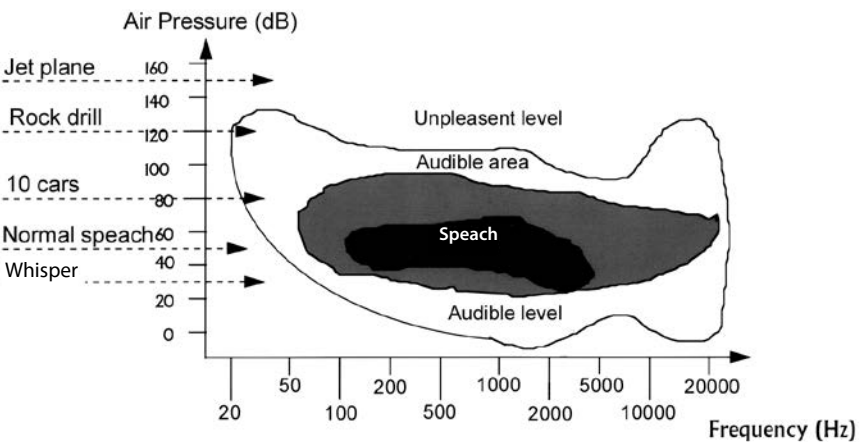
#### Sound – basic

The human sound pressure range from lowest sound to be heard and highest sound to stand without pain is **from 0,00002Pa (2 $\mu$ Pa) to 20 Pa.** (1 psi = 6,89kPa).

To be more practical the sound pressure range above is converted to a sound pressure level by the formula:

**$L_p = 20 \times \log P/P_0$  ( $P_0 = 2 \mu\text{Pa}$ ) converting the range above over to 0-120 dB (decibel)!**

Experienced sound	change of dB
Double sound level	+ 10dB
Double sound sources	+ 3 dB
Double the distance to sound source	- 6 dB



Hearing range for a normal ear

The lower limit is called the threshold of hearing and has a maximum sensitivity around 3500 Hz (resonance frequency of the ear).

The upper line is the 120 dB sound pressure line (the pain line)

**Mechanical noise is measured in dB (A)** indicating that an A-filter is used, damping lower frequencies (of less harm to the operators).

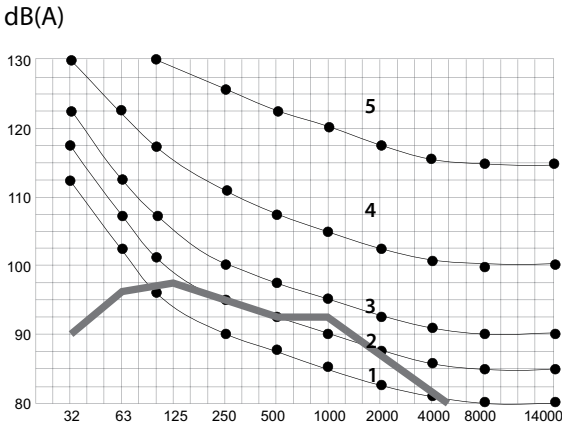
**Infra-sound** is sound with a frequency below 22 Hz. (Can be harmful at longer exposures).

**Ultra-sound** is sound with a frequency above 18 kHz. (Can be harmful at longer exposures).

**Noise – exposure risks**

For continuous sound with a wide frequency range, a sound level below **85 dB(A)** is acceptable for an 8 hour exposure per day with respect to the risk of hearing damage.

If the sound level is higher an octave band analysis is necessary. This curve is compared to the standard risk curves, see below.



Maximum acceptable exposure per 8 hours:

- 5. Less than 5 min
- 4. Less than 20 min
- 3. 1 - 2 h
- 2. 2 - 5 h
- 1. 5 - 8 h

— = middle frequency of octave Band (Hz) (Impact crusher on 1 m distance).

**Noise reduction**

There are 4 main ways to reduce the noise levels for processing systems including crushers, mills and screens.

- Optimum operation
- Use of "internal" polymers (wear material and wear products)
- Use of "external" polymers (dust enclosures)
- Enclosure with noise reduction walls

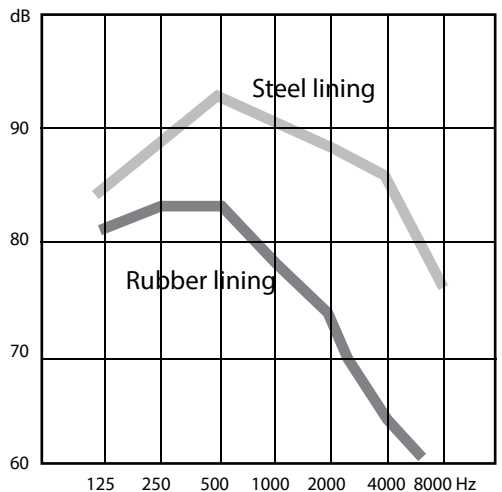
**Optimum operation.**

Mass flow equipment like crushers and screens are normally lower in noise when they are operated under optimum conditions and the material flow is absorbing part of the noise (e.g. choke fed cone crushers). Reduced circulating loads also lead to reduced noise levels.

**Internal polymers**

The use of polymers as mill liners, screening media and wear protection in material handling systems (chutes and transfer points) have a dramatic effect on noise reduction.

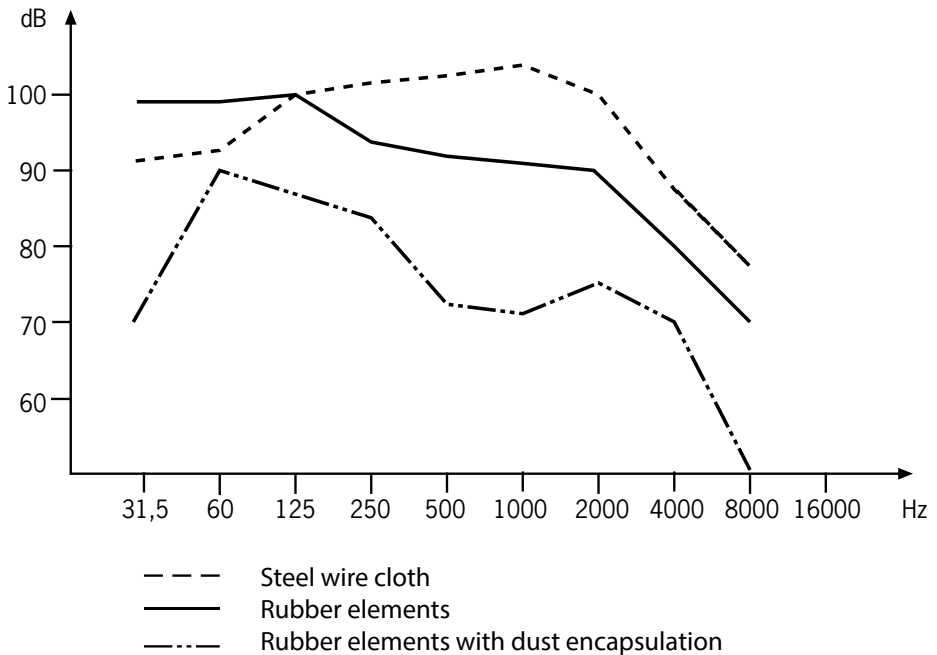
For grinding mills a rubber lining can reduce the noise level up to 10 dB(A) compared to a steel lining.



Operation and environment

### External polymers

Using polymers as dust sealing enclosures of crushers, screens, conveyors, chutes, transfer points etc. will give a noise reduction of approx. 5-10 dB (A). The difference for a screen with steel wire deck and rubber deck is shown below.

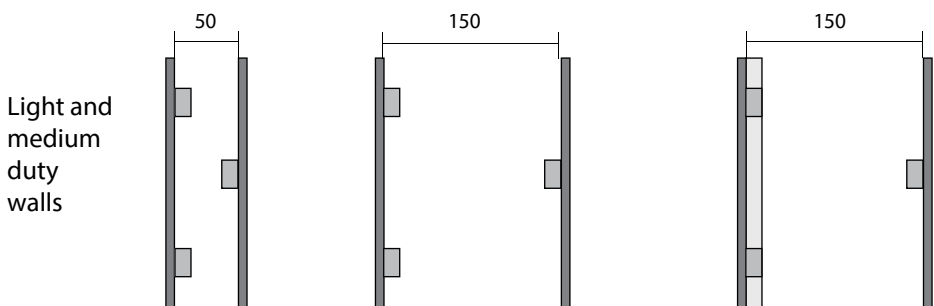


**A simple rule: The more polymers used for various purposes in the mineral process systems the lower the noise levels!**

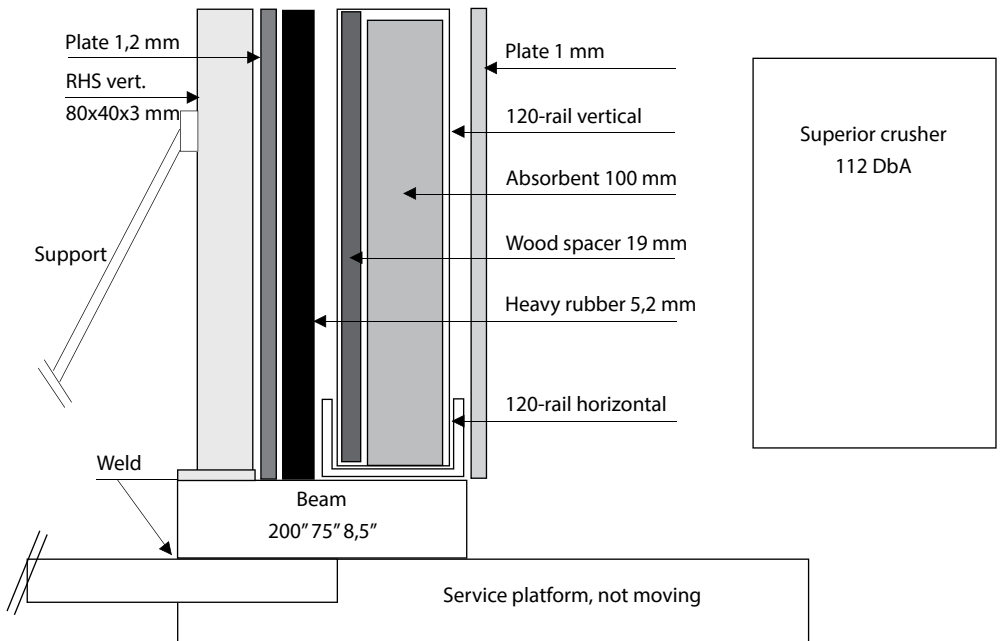
### Noise reduction walls

Enclosure is an effective way of reducing noise. Enclosure can be more or less extensive (enclosure of drive or machine or both). With a total enclosure noise levels can drop by 10-15 dB (A).

Depending on duty the design of the noise reduction walls can differ in design:



**Heavy duty crusher wall , cross section**



**Ear protection**

When working in environments with continuous and high noise levels it is important to use ear protection all the time. Also at sound levels of 75-80 dB (A) it is to be recommended to use ear protection even if recommendation says something else. Reason is that long exposure also at these levels can cause impairment of hearing.

Good rules about ear protection:

- Take some “noise breaks” now and then
- Go for regular hearing tests
- Check your ear protection equipment at certain intervals



## Process system – Introduction

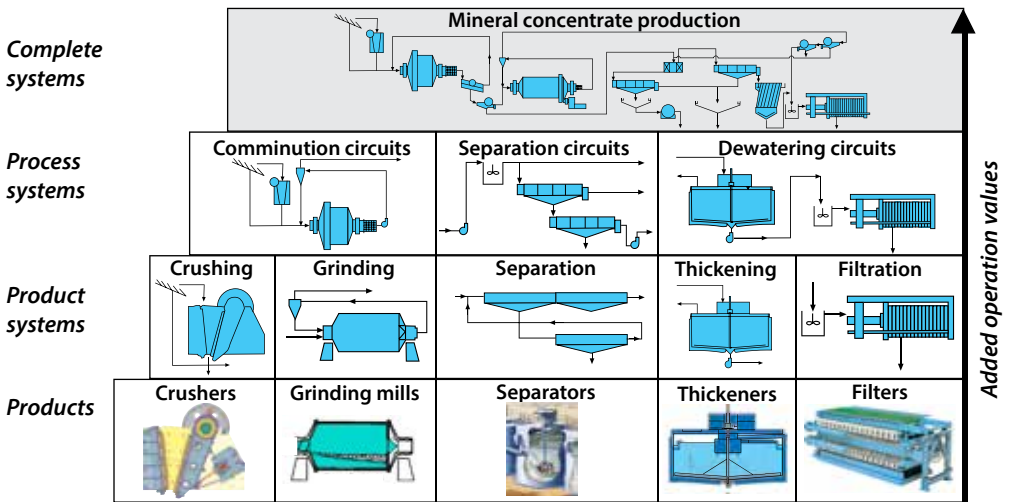
A machine working in a mineral process flow cannot perform better than the process environment will allow it to.

Parameters like type, size and amount of feed, % solids in slurries, additives, discharge conditions etc. will always guide equipment performance and operation economy.

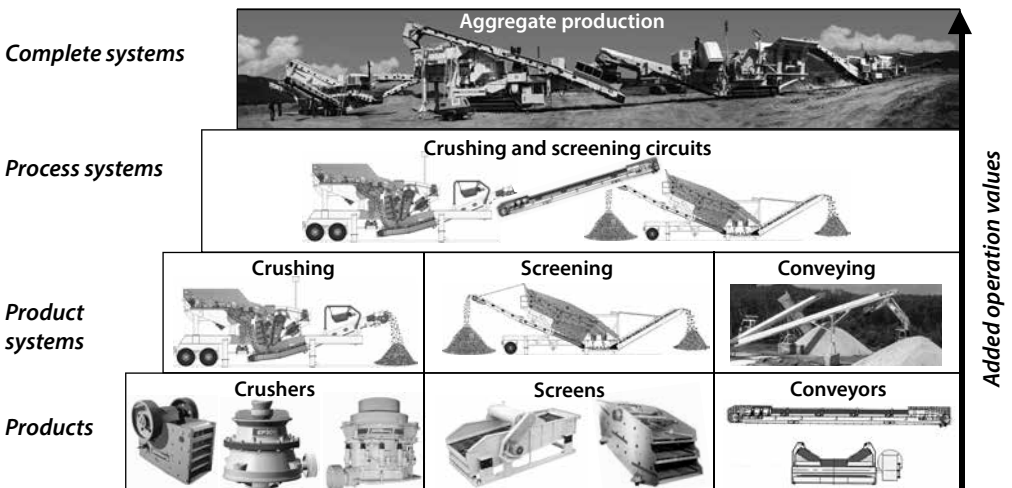
There is a strong trend amongst both suppliers and users to work in terms of systems, meaning solutions to various operation problems more than installing equipment. This will effectively increase the operation values as presented in section 2:9

Examples covering systems levels and system modules are shown in this section.

### System levels in ore / Minerals processing



### System levels in rock processing (Quarrying)

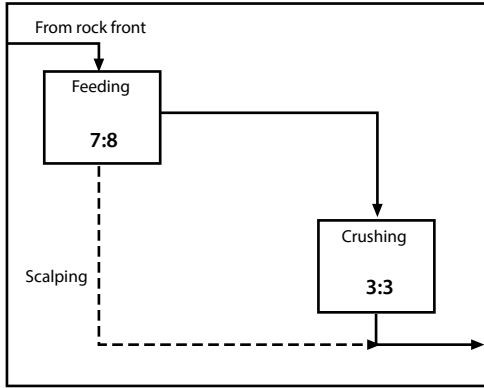


## Process systems

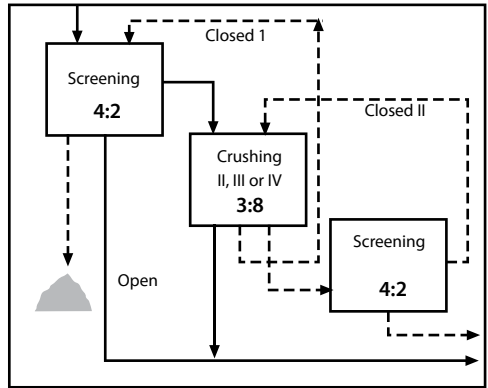
### System modules – Aggregates

A good way to understand and work with process systems is to use **system modules** in various combinations.

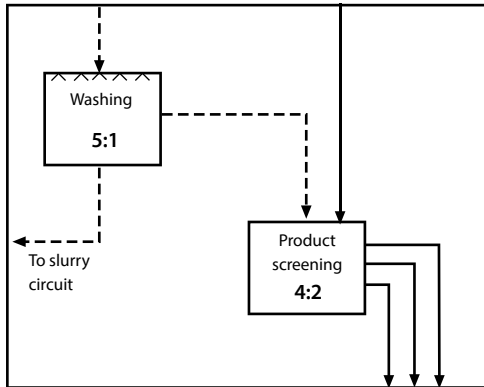
#### Primary crushing module



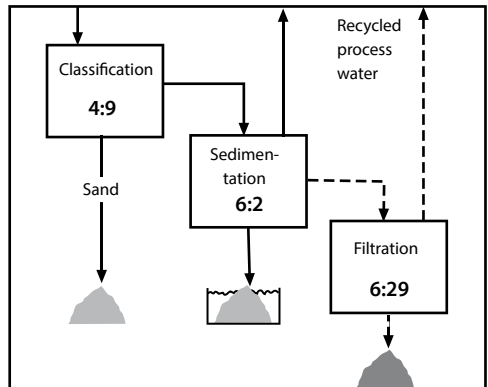
#### Intermediate crushing module



#### Final products module

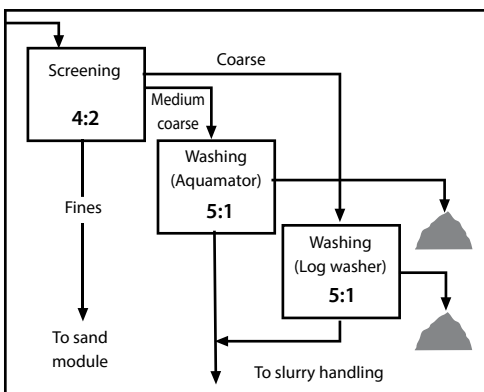


#### Slurry handling module

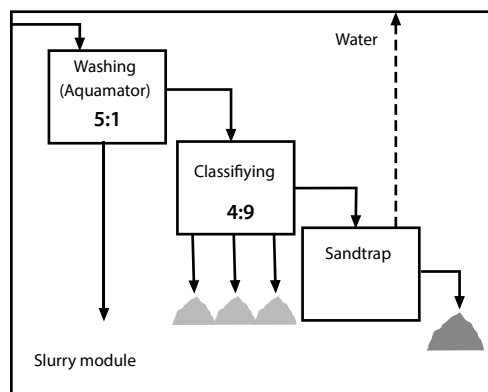


### System modules – Sand and gravel

#### Sand and gravel module



#### Sand and gravel module

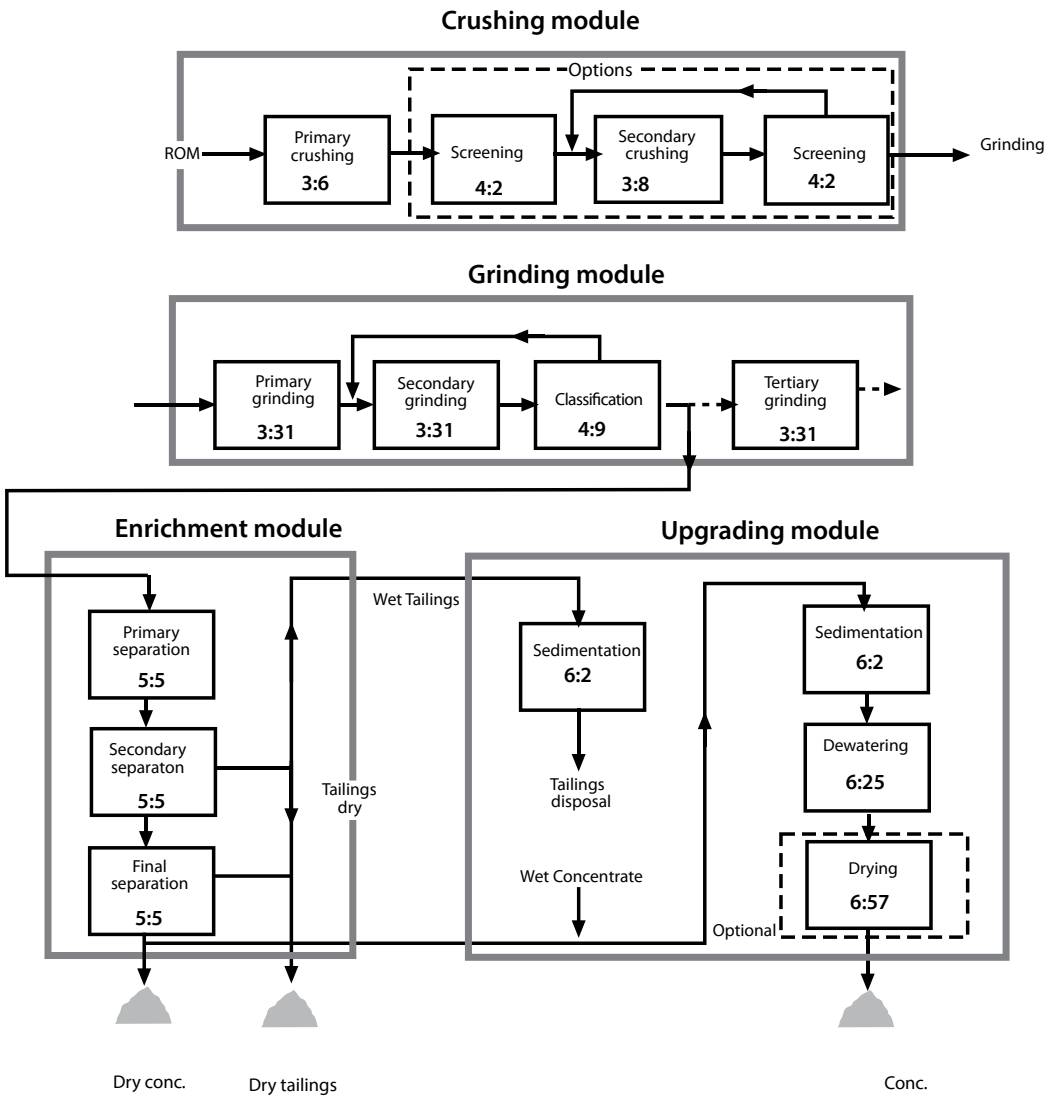


----- = option or alternative

7:5 = referring to actual chapters and pages



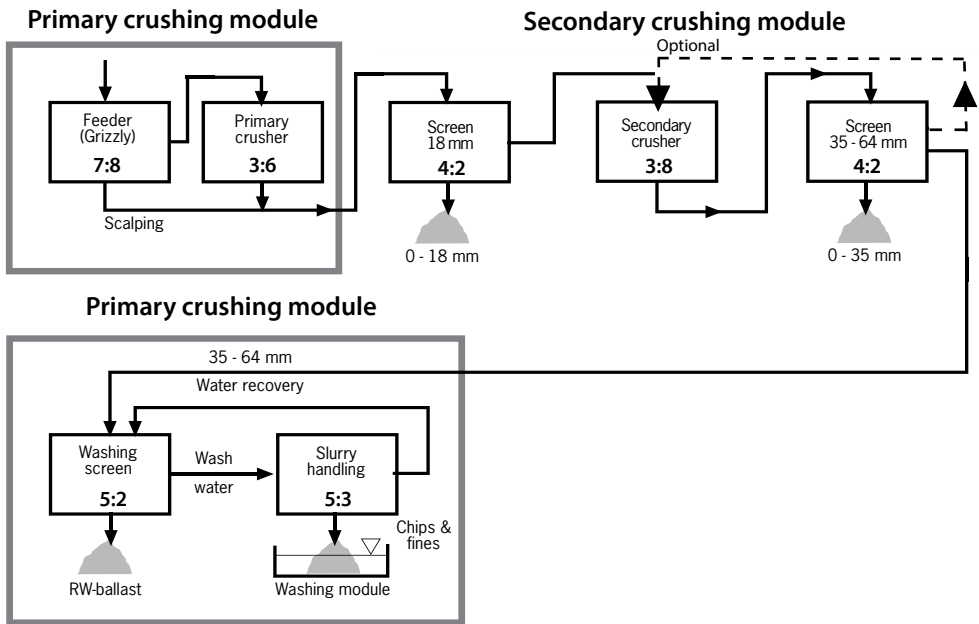
System modules – Ore and minerals



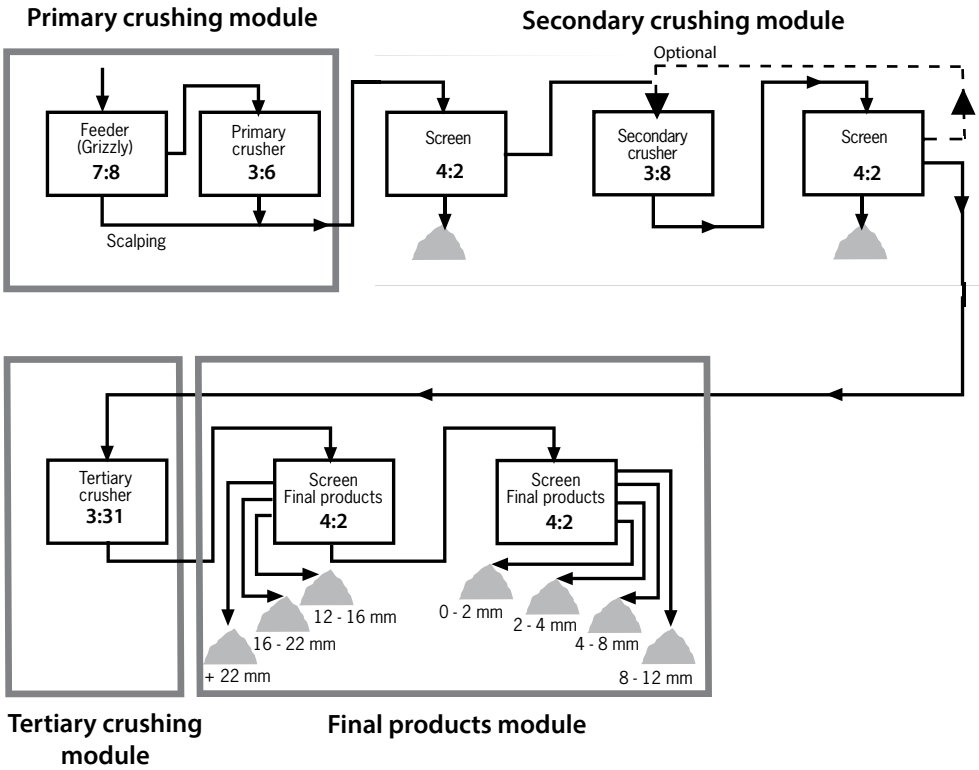
----- = option or alternative

7:5 = referring to actual chapters and pages

**Process system – Railway ballast**



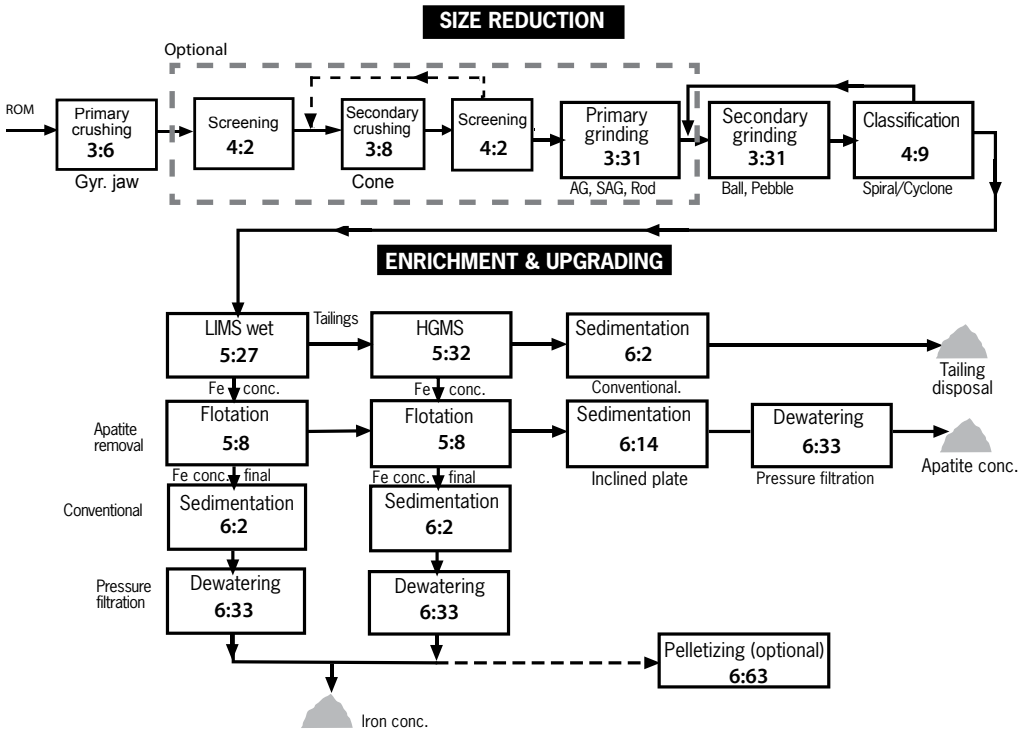
**Process systems – Asphalt / Concrete ballast**



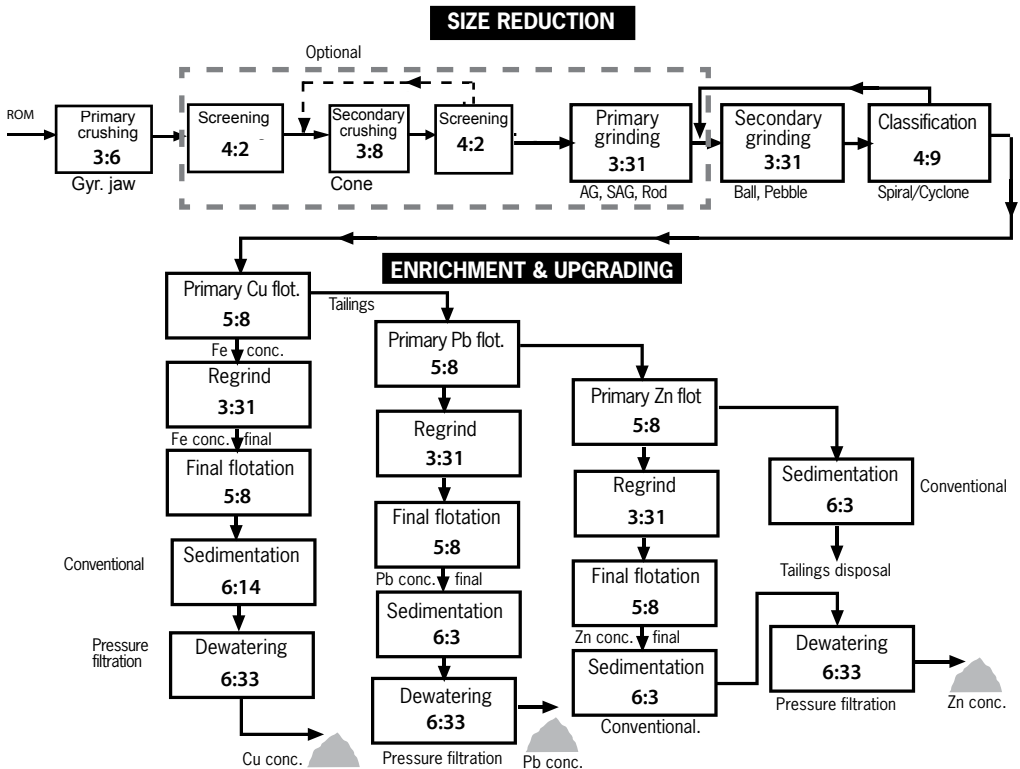
- - - - - = option or alternative

7:5 = referring to actual chapters and pages

Process system – Ferrous ore (hosting apatite)



Process system – Base metal ore

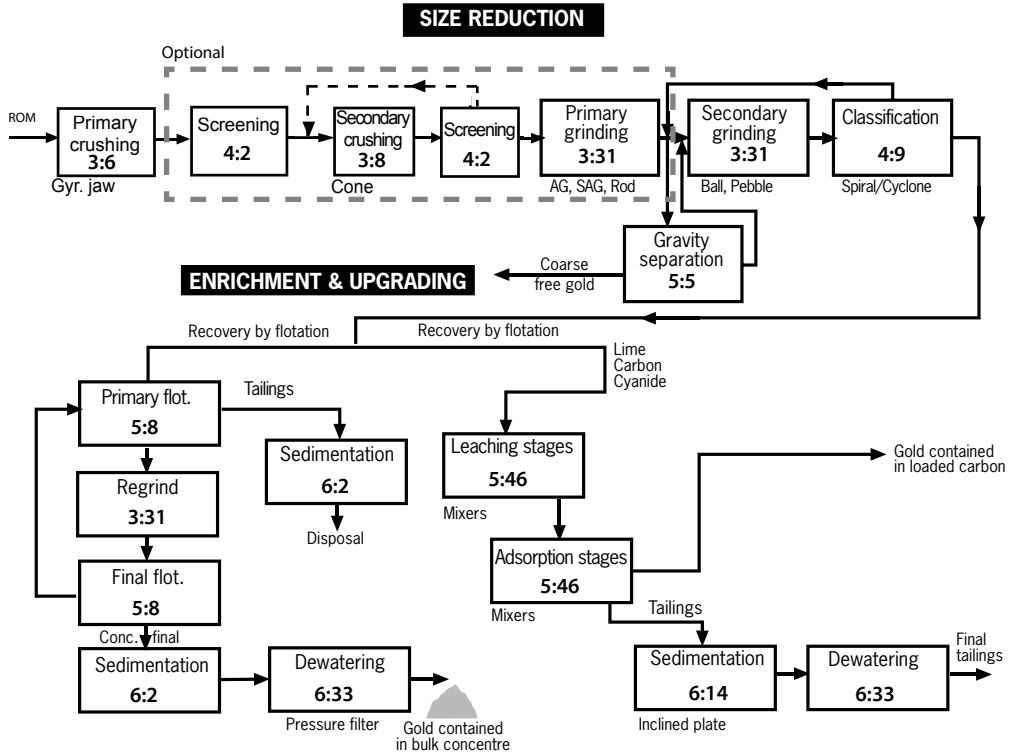


--- = option or alternative

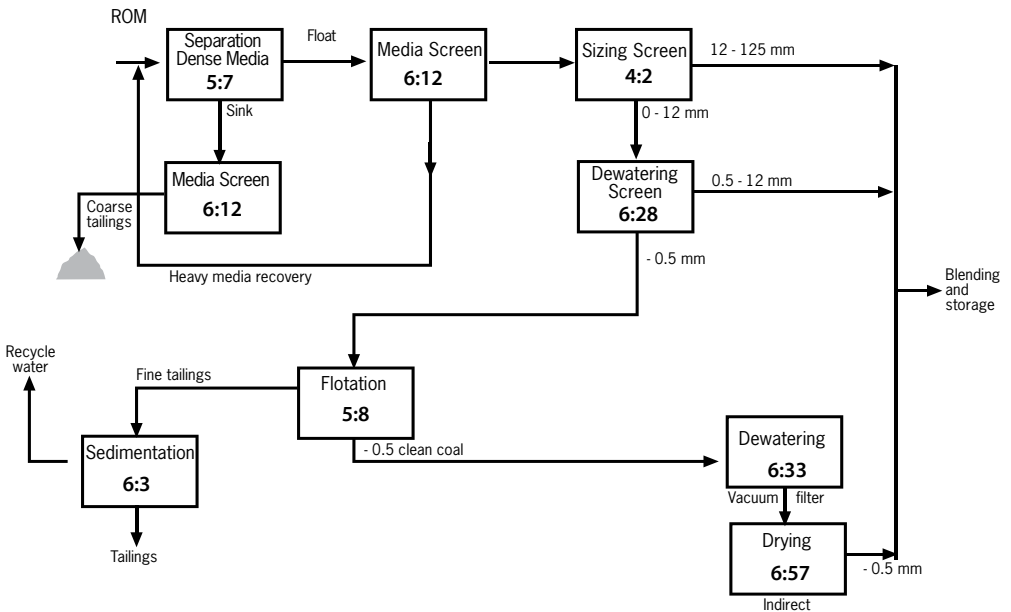
7:5 = referring to actual chapters and pages

## Process systems

### Process system – Gold bearing ore



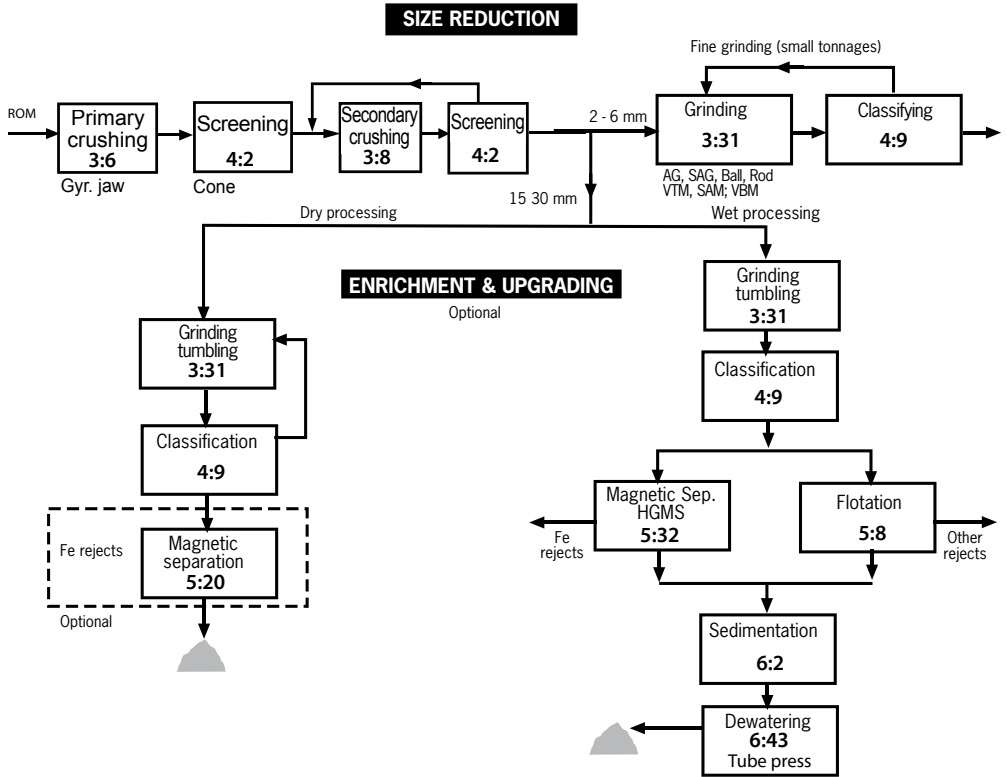
### Process system – Coal



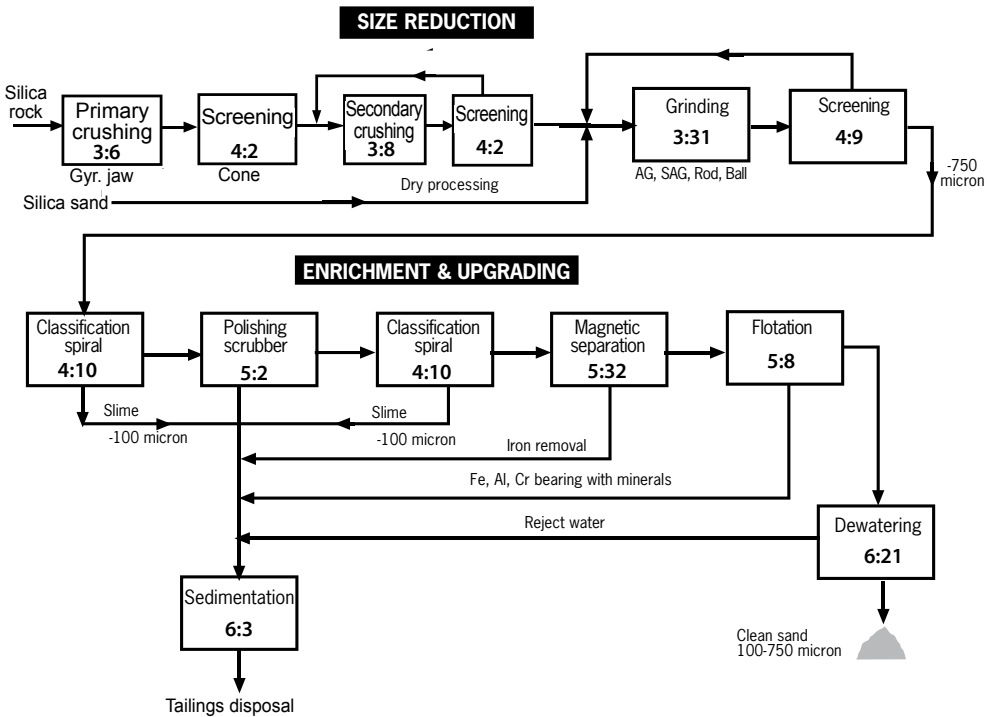
----- = option or alternative

7:5 = referring to actual chapters and pages

Process system – Industrial mineral fillers



Process system – Glass sand

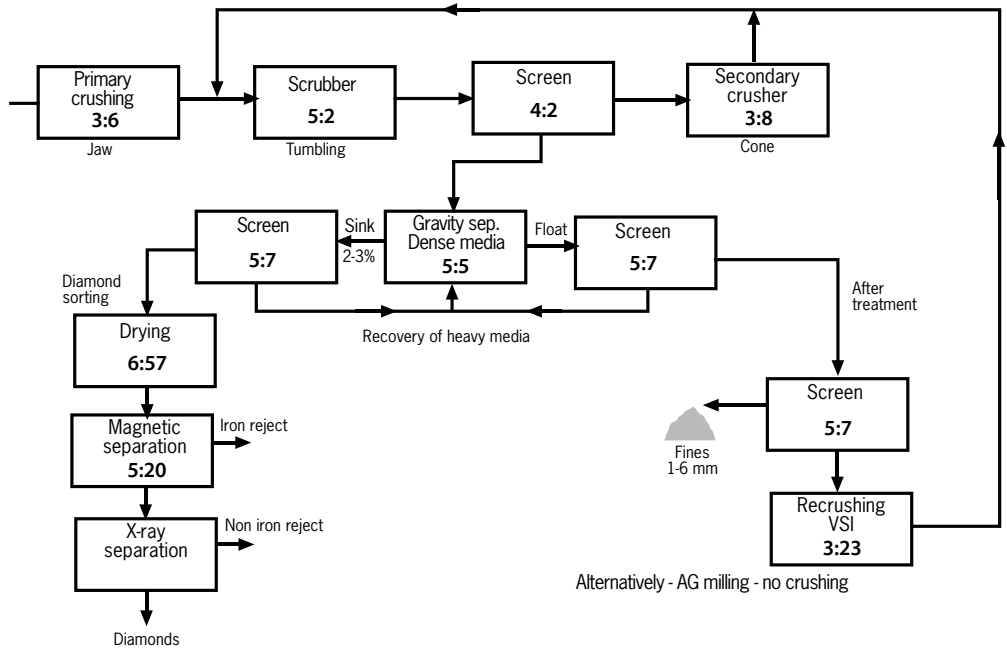


----- = option or alternative

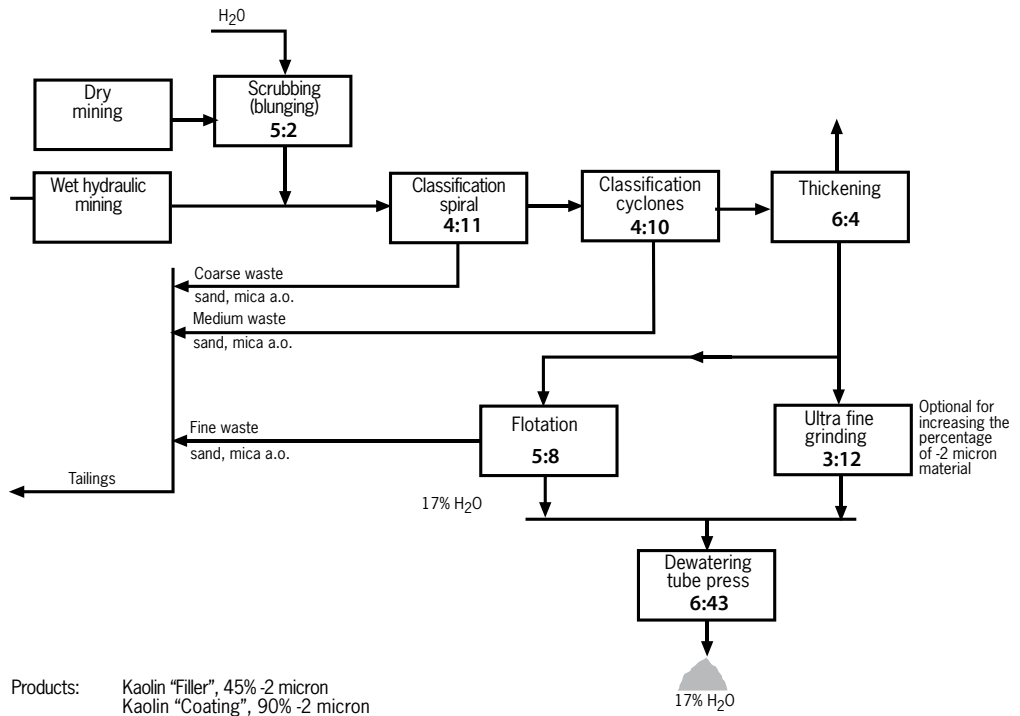
7:5 = referring to actual chapters and pages

## Process systems

### Process system – Diamonds (Kimberlite)



### Process system – Kaolin



Products: Kaolin "Filler", 45% -2 micron  
Kaolin "Coating", 90% -2 micron

- - - - - = option or alternative

7:5 = referring to actual chapters and pages

## Mobile systems

In modern quarrying, mining, tunnelling and recycling operations the use of mobile process systems is increasing dramatically.

Particularly at rock front operations the technique of “moving the process equipment closer to the front end” using mobile crushing and screening units in many cases gives remarkable cost savings.

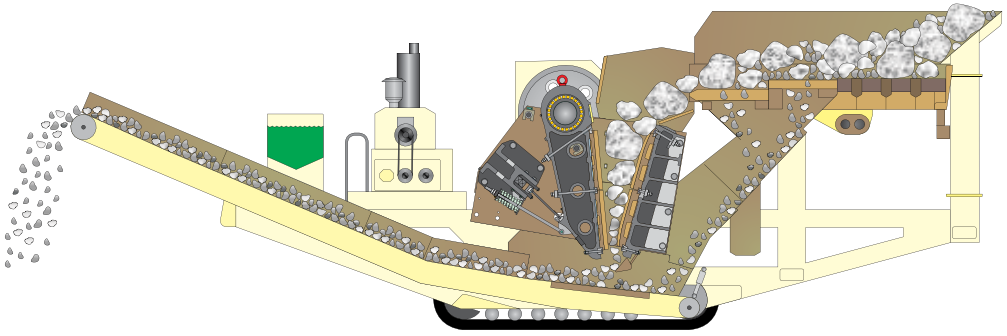
These mobile units represent one or more complete machine functions including materials handling, power supply etc. Advanced process control secures the “intelligence” of the system.

### Mobile crushing and conveying system



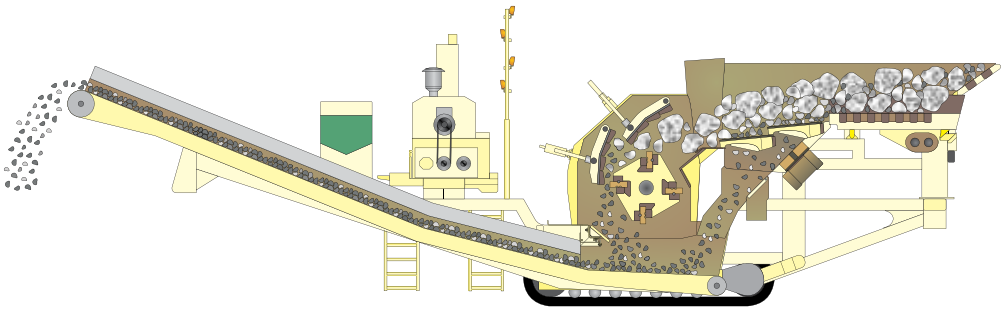
Key arguments for mobile equipment vs stationary equipment and dump truck haulage are:

- Less hauling – less costs
- Less front road maintenance
- Less exhaust gas and dust emissions
- Improved working safety
- Improved flexibility

**Primary jaw crusher + Grizzly (typical)**

Type*	Max feed/product size mm (inch)	Capacity tph	H/W/L m (ft)	Weight ton
LT110	670 / 250 (26/10)	700	4.4/3.0/17.4 (14.5/9.1/57.0)	60
LT125	800 / 300 (31/12)	800	5.7/4.0/15.8(18.6/15.2/51.1)	86
LT140	900 / 350 (35/14)	1200	6.3/4.3/16.4(20.8/14.1/53.1)	110
LT160	1040/ 400 (41/16)	2000	7.6/5.9/20.2(25.0/19.3/66.7)	220

\*LT110 refers to Jaw crusher type C110, LT125 to Jaw crusher type C125 etc. see further section 3.

**Primary impact crusher + Grizzly (typical)**

Type*	Max feed/product size mm (inch)	Capacity tph	H/W/L m (ft)	Weight ton
LT1415	1000/200 (40/8)	800	5.4/4.0/15.8 (17.7/13.1/51.1)	73
LT1620	1300/200 (52/8)	1200	6.5/4.8/18.5 (21.3/15.7/60.7)	170

\*LT 1415 refers to Impact crusher type NP1415, LT 1620 to Impact crusher type NP1620 etc. see further section 3.



## **Metso simulation tools**

Bruno™ is a steady state simulation tool for the design and evaluation of crushing and screening plants. It is easy-to-use and the designer can quickly evaluate flowsheet options, select appropriate Metso equipment and forecast product quality and overall instantaneous system productivity.

For more information and/or to acquire a copy of the Bruno software, please contact your local Metso sales office.

## **Consulting business**

### **Technology development**

Technology Development, a division of Metso – Mining and Construction – Mineral Process Solutions Business Line, offers a global consulting service focused on simulation and automation.

In the area of Simulation Metso has a unique dynamic population balance modeling and simulation tool – Metso ProSim™ - which can be used to analyze, optimize and design mineral processing circuits. In addition to the usual suite of unit operation models, Metso ProSim™ utilizes multi-component structure and also allows for the inclusion of maintenance outages – planned and unplanned – moving toward the virtual plant. Metso also has a world-class multi physics simulation capability that allows for microscale analysis, design and optimization of components of process equipment, looking at productivity, product quality, wear and potential failure modes. This work involves the use of DEM, CFD, SPH, DGB, and other complex solution methodologies, requiring super computing platforms to deliver timely results. Finally, as part of the automation work (OCS® – 4D), Metso provides dynamic simulation capabilities that can be used to help design resilient process control solutions, develop custom advanced control strategies, and for training plant operators on new circuits.

In the area of Automation, Metso offers comprehensive control systems integration services which can include full electrical and instrumentation capabilities. In addition, process audits and training programs centered around regulatory automation needs are also part of the scope of services. Metso Computer Based Training (CBT) is also available to train plant operators on all aspects of the operation of comminution and/or flotation circuits. Metso is also a leader in the field of Advanced Process Control (OCS®: model-based expert control) and Advanced Sensing (Visio™: machine vision, Audio™: machine acoustics), and is moving quickly into the related fields of Abnormal Situation Management and real-time data and image mining.

The objective of the Technology Development consulting activities is to identify and implement cost effective ways to improve plant productivity and lower unit costs, while respecting and enhancing the operational integrity and safety requirements of a plant.

## Process systems

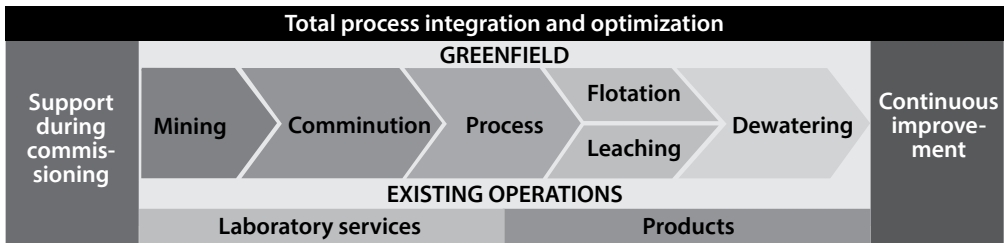
### *Process technology and innovation*

PTI, Process Technology and Innovation, a division of Metso – Mining and Construction – Services Business Line, offers a global consulting service for the mining and construction industries.

Process Integration and Optimization, PIO, is the development of integrated operating and control strategies from the mine to the plant that maximise throughput, minimise the overall cost per tonne and maximise profitability.

We offer consulting, laboratory and pilot plant services, and have developed supply and support for a range of products that have been designed to enhance the operation of mineral processes. Significant increases in throughput (5 to 30%) and metal recovery, cost and energy reduction, as well as overall process efficiency increases (from the mine to the plant) have been achieved at a number of operations worldwide.

PTI's particular focus is providing the industry with Total Process Integration and Optimization including optimization of the mining (drill and blast), comminution, flotation and dewatering processes for both Greenfield and existing operations. The main objectives are to reduce operating costs, increase production rates and improve overall process, energy and water efficiency.



For more information on Metso's technology consulting businesses, please contact your local Metso sales office.





**Conversion factors**

<b>Length</b>	<p>1 inch = 25.4 mm</p> <p>1 foot = 0.305 m</p>
<b>Area</b>	<p>1 square inch = <math>645 \text{ mm}^2 = 6.45 \text{ cm}^2</math></p> <p>1 square foot = <math>0.0929 \text{ m}^2 = 929 \text{ cm}^2</math></p>
<b>Volume</b>	<p>1 cubic inch = <math>16.4 \text{ cm}^3</math></p> <p>1 cubic foot = <math>28.3 \text{ dm}^3</math></p> <p>1 UK gallon = 4.55 l</p> <p>1 US gallon = 3.79 l</p>
<b>Mass</b>	<p>1 pound (lb) = 0.454 kg</p> <p>1 ounce (oz) = 28.3 g</p> <p>1 troy ounce = 31.7 g</p> <p>1 short ton = 907 kg</p>
<b>Spec. gr.</b>	<p>1 lb/in<sup>3</sup> = <math>27.7 \text{ t/m}^3 = 27.7 \text{ g/cm}^3</math></p> <p>1 lb/ft<sup>3</sup> = <math>16.0 \text{ kg/m}^3</math></p>
<b>Force</b>	<p>1 kp (kgf) = 9.81 N</p> <p>1 lbf = 4.45 N</p>
<b>Energy</b>	<p>1 kWh = 3.60 MJ</p> <p>1 kcal = 4.19 kJ</p> <p>1 Btu = 1.06 kJ</p>
<b>Power</b>	<p>1 kcal/h = 1.16 W</p> <p>1 hp = 746 W (US)</p> <p>1 hp = 736 W (metric)</p>
<b>Pressure</b>	<p>1 bar = 14.5 psi = 100 kPa</p> <p>1 bar = 100 kPa</p> <p>1 kp/cm<sup>2</sup> = 98.1 kPa</p> <p>1 atm = 760 torr = 101 kPa</p> <p>1 lbf/in<sup>2</sup> (psi) = 6.89 kPa = 0.07031 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>1 torr (mm Hg) = 133 Pa</p>
<b>Torque</b>	<p>1 ft. lb = 1.356 Nm</p>
<b>Unit Area</b>	<p>1 sq.ft./t/24h = <math>2.23 \text{ m}^2/(\text{t h})</math></p>
<b>Filtration capacity</b>	<p>1 lb/min/sq.ft = <math>293 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h})</math></p> <p>1 lb/h/sq.ft = <math>4.882 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h})</math></p>
<b>Surface load</b>	<p>1 usgpd/sq.ft = <math>1.698 \times 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})</math></p> <p>1 usgph/sq.ft = <math>0.041 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})</math></p> <p>1 usgpm/sq.ft = <math>2.44 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})</math></p> <p>1 cfm/sq.ft = <math>0.3048 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ min})</math></p>
<b>Flow</b>	<p>1 usgpm = <math>0.23 \text{ m}^3/\text{h}</math></p>
<b>Velocity</b>	<p>1 fpm = 18.288 m/h</p> <p>ppm = parts per million = mg/l</p> <p>ppb = parts per billion = mg/m<sup>3</sup></p> <p>SS = suspended solids</p> <p>TS = total solids (incl. dissolved solids)</p>

## Miscellaneous

---

### *Tyler standard scale*

mesh	micron	mesh	micron	mesh	micron
2 $\frac{1}{2}$	8 000	14	1 180	80	180
3	6 700	16	1 000	100	150
3 $\frac{1}{2}$	5 600	20	850	115	125
4	4 750	24	710	150	106
5	4 000	28	600	170	90
6	3 350	32	500	200	75
7	2 800	35	425	250	63
8	2 360	42	355	270	53
9	2 000	48	300	325	45
10	1 700	60	250	400	38
12	1 400	65	212	500	25

**Specific gravity**

Mineral	Density
<b>A</b>	
Albite	2.6
Almandine	4.3
Anatase	3.9
Andradite	3.8
Apatite	3.2
Arsenopyrite	5.9 - 6.2
Asbestos	2.4 - 2.5
Azurite	3.8
<b>B</b>	
Baddeleyite	5.6
Barite	4.5
Bauxite	2.6
Beryl	2.7 - 2.8
Biotite	3.0 - 3.1
Bismuth	9.8
<b>C</b>	
Calcite	2.7
Cassiterite	7.0
Celestite	4.0
Cerussite	6.6
Chalcocite	5.5 - 5.8
Chalcopyrite	4.1 - 4.3
Chlorite	2.6 - 3.2
Chromite	5.1
Crysocolla	2.0 - 2.3
Cinnabar	8.1
Cobaltite	6.0 - 6.3
Coemanite	2.4
Copper	8.9
Corundum	3.9 - 4.1
Covellite	4.7
Cryolite	3.0
Cuprite	5.8 - 6.2
<b>D</b>	
Diamond	3.5
Diopside	3.3 - 3.4
Dolomite	1.8 - 2.9
<b>E</b>	
Epidote	3.4

Mineral	Density
<b>F</b>	
Feldspar Group	2.6 - 2.8
Ferberite	7.5
Flint	2.6
Fluorite	3.2
Franklinite	5.1 - 5.2
<b>G</b>	
Gahnite	4.6
Galena	7.5
Goethite	4.3
Gold	15.6 - 19.3
Graphite	2.1 - 2.2
Grossularite	3.5
Gypsum	2.3
<b>H</b>	
Halite	2.5
Hematite	5.2
Hornblende	3.1 - 3.3
Huebnerite	6.7 - 7.5
Hypersthene	3.4
<b>I</b>	
Ilmenite	4.7
<b>K</b>	
Kaolinite	2.6
Kyanite	3.6 - 3.7
<b>L</b>	
Lepidolite	2.8 - 2.9
Limonite	2.2 - 2.4
<b>M</b>	
Magnesite	3.0
Magnetite	4.7
Malachite	4.0
Magnite	4.3
Marcasite	4.6 - 4.9
Martite	5.2
Microlite	2.6
Microlite	5.5
Molybdenite	4.7 - 5.0
Monazite	4.9 - 5.5
Mullite	3.2
Muscovite	2.8 - 3.0

## Miscellaneous

Mineral	Density
<b>N</b>	
Nepheline Syenite	2.6
Niccolite	7.6 - 7.8
<b>O</b>	
Olivine	3.3 - 3.5
Orpiment	3.4 - 3.5
Orthoclase	2.5 - 2.6
<b>P</b>	
Petalite	2.4
Platinum	14.0 - 21.5
Pyrite	5.0
Pyrochlore	4.2 - 4.4
Pyrolusite	4.7 - 5.0
Pyroxene	3.1 - 3.6
Pyrrhotite	4.6 - 4.7
<b>Q</b>	
Quartz	2.7
<b>R</b>	
Realgar	3.6
Rhodochrosite	3.7
Rhodonite	3.6 - 3.7
Rutile	4.2 - 4.3
<b>S</b>	
Scheelite	6.1
Serpentine	2.5 - 2.7
Siderite	3.9
Sillimanite	3.2
Silver	10.1 - 11.1
Smithsonite	4.1 - 4.5
Sphalerite	3.9 - 4.0
Sphene	3.3 - 8.6

Mineral	Density
Spinel	3.6
Spodumene	3.1 - 3.2
Stannite	4.3 - 4.5
Stibnite (Antimonite)	4.6
Sulphur	2.1
Sylvite	2.0
<b>T</b>	
Talc	2.7 - 2.8
Tantalite	5.2 - 8.2
Tetrahedrite	5.0
Thorite	4.5 - 5.4
Topaz	3.5 - 3.6
Tourmaline	2.9 - 3.2
<b>U</b>	
Uraninite	11.0
<b>V</b>	
Vermiculite	2.4 - 2.7
<b>W</b>	
Wolframite	6.7 - 7.5
Wollastonite	2.8 - 2.9
<b>Z</b>	
Zeolite	2.0 - 2.5
Zincite	5.7
Zircon	4.7
<b>Other solids of varying composition:</b>	
Slag	1.5 - 4
Soil	1.5 - 2.8
Ash (fly)	1.5 - 3.5
Ash (bottom)	1.5 - 3
Wet scrubber effluent	2 - 5
Mill scale	4.9 - 5.2



**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 1.4**

A	B	C	A	B	C
1	1.003	99.714	41	1.133	2.153
2	1.006	49.714	42	1.136	2.095
3	1.009	33.048	43	1.140	2.040
4	1.012	24.714	44	1.144	1.987
5	1.014	19.714	45	1.148	1.937
6	1.017	16.381	46	1.151	1.888
7	1.020	14.000	47	1.155	1.842
8	1.023	12.214	48	1.159	1.798
9	1.026	10.825	49	1.163	1.755
10	1.029	9.714	50	1.167	1.714
11	1.032	8.805	51	1.171	1.675
12	1.036	8.048	52	1.174	1.637
13	1.039	7.407	53	1.178	1.601
14	1.042	6.857	54	1.182	1.566
15	1.045	6.381	55	1.186	1.532
16	1.048	5.964	56	1.190	1.500
17	1.051	5.597	57	1.195	1.469
18	1.054	5.270	58	1.199	1.438
19	1.057	4.977	59	1.203	1.409
20	1.061	4.714	60	1.207	1.381
21	1.064	4.476	61	1.211	1.354
22	1.067	4.260	62	1.215	1.327
23	1.070	4.062	63	1.220	1.302
24	1.074	3.881	64	1.224	1.277
25	1.077	3.714	65	1.228	1.253
26	1.080	3.560	66	1.232	1.229
27	1.084	3.418	67	1.237	1.207
28	1.087	3.286	68	1.241	1.185
29	1.090	3.163	69	1.246	1.164
30	1.094	3.048	70	1.250	1.143
31	1.097	2.940	71	1.254	1.123
32	1.101	2.839	72	1.259	1.103
33	1.104	2.745	73	1.264	1.084
34	1.108	2.655	74	1.268	1.066
35	1.111	2.571	75	1.273	1.048
36	1.115	2.492	76	1.277	1.030
37	1.118	2.417	77	1.282	1.013
38	1.122	2.346	78	1.287	0.996
39	1.125	2.278	79	1.292	0.980
40	1.129	2.214	80	1.296	0.964

**Density of solids: 1.8**

A	B	C	A	B	C
1	1.004	99.556	41	1.223	1.995
2	1.009	49.556	42	1.230	1.937
3	1.014	32.889	43	1.236	1.881
4	1.018	24.556	44	1.243	1.828
5	1.023	19.556	45	1.250	1.778
6	1.027	16.222	46	1.257	1.729
7	1.032	13.841	47	1.264	1.683
8	1.037	12.056	48	1.271	1.639
9	1.042	10.667	49	1.278	1.596
10	1.047	9.556	50	1.286	1.556
11	1.051	8.646	51	1.293	1.516
12	1.056	7.889	52	1.301	1.479
13	1.061	7.248	53	1.308	1.442
14	1.066	6.698	54	1.316	1.407
15	1.071	6.222	55	1.324	1.374
16	1.077	5.806	56	1.331	1.341
17	1.082	5.438	57	1.339	1.310
18	1.087	5.111	58	1.347	1.280
19	1.092	4.819	59	1.355	1.250
20	1.098	4.556	60	1.364	1.222
21	1.103	4.317	61	1.372	1.195
22	1.108	4.101	62	1.380	1.168
23	1.114	3.903	63	1.389	1.143
24	1.119	3.722	64	1.398	1.118
25	1.125	3.556	65	1.406	1.094
26	1.131	3.402	66	1.415	1.071
27	1.136	3.259	67	1.424	1.048
28	1.142	3.127	68	1.433	1.026
29	1.148	3.004	69	1.442	1.005
30	1.154	2.889	70	1.452	0.984
31	1.160	2.781	71	1.461	0.964
32	1.166	2.681	72	1.471	0.944
33	1.172	2.586	73	1.480	0.925
34	1.178	2.497	74	1.490	0.907
35	1.184	2.413	75	1.500	0.889
36	1.190	2.333	76	1.510	0.871
37	1.197	2.258	77	1.520	0.854
38	1.203	2.187	78	1.531	0.838
39	1.210	2.120	79	1.541	0.821
40	1.216	2.056	80	1.552	0.806

## Miscellaneous

### *Water and solids – Pulp density data (US)*

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 1.4

A	B	C	A	B	C
1	1.003	23897	41	1.133	516
2	1.006	11914	42	1.136	502
3	1.009	7920	43	1.140	489
4	1.012	5923	44	1.144	476
5	1.014	4725	45	1.148	464
6	1.017	3926	46	1.151	452
7	1.020	3355	47	1.155	441
8	1.023	2927	48	1.159	431
9	1.026	2594	49	1.163	421
10	1.029	2328	50	1.167	411
11	1.032	2110	51	1.171	401
12	1.036	1929	52	1.174	392
13	1.039	1775	53	1.178	384
14	1.042	1643	54	1.182	375
15	1.045	1529	55	1.186	367
16	1.048	1429	56	1.190	359
17	1.051	1341	57	1.195	352
18	1.054	1263	58	1.199	345
19	1.057	1193	59	1.203	338
20	1.061	1130	60	1.207	331
21	1.064	1073	61	1.211	324
22	1.067	1021	62	1.215	318
23	1.070	973	63	1.220	312
24	1.074	930	64	1.224	306
25	1.077	890	65	1.228	300
26	1.080	853	66	1.232	295
27	1.084	819	67	1.237	289
28	1.087	787	68	1.241	284
29	1.090	758	69	1.246	279
30	1.094	730	70	1.250	274
31	1.097	705	71	1.254	269
32	1.101	680	72	1.259	264
33	1.104	658	73	1.264	260
34	1.108	636	74	1.268	255
35	1.111	616	75	1.273	251
36	1.115	597	76	1.277	247
37	1.118	579	77	1.282	243
38	1.122	562	78	1.287	239
39	1.125	546	79	1.292	235
40	1.129	531	80	1.296	231

#### Density of solids: 1.8

A	B	C	A	B	C
1	1.004	23859	41	1.223	478
2	1.009	11876	42	1.230	464
3	1.014	7882	43	1.236	451
4	1.018	5885	44	1.243	438
5	1.023	4687	45	1.250	426
6	1.027	3888	46	1.257	414
7	1.032	3317	47	1.264	403
8	1.037	2889	48	1.271	393
9	1.042	2556	49	1.278	382
10	1.047	2290	50	1.286	373
11	1.051	2072	51	1.293	363
12	1.056	1891	52	1.301	354
13	1.061	1737	53	1.308	346
14	1.066	1605	54	1.316	337
15	1.071	1491	55	1.324	329
16	1.077	1391	56	1.331	321
17	1.082	1303	57	1.339	314
18	1.087	1225	58	1.347	307
19	1.092	1155	59	1.355	300
20	1.098	1092	60	1.364	293
21	1.103	1035	61	1.372	286
22	1.108	983	62	1.380	280
23	1.114	935	63	1.389	274
24	1.119	892	64	1.398	268
25	1.125	852	65	1.406	262
26	1.131	815	66	1.415	257
27	1.136	781	67	1.424	251
28	1.142	749	68	1.433	246
29	1.148	720	69	1.442	241
30	1.154	692	70	1.452	236
31	1.160	666	71	1.461	231
32	1.166	643	72	1.471	226
33	1.172	620	73	1.480	222
34	1.178	598	74	1.490	217
35	1.184	578	75	1.500	213
36	1.190	559	76	1.510	209
37	1.197	541	77	1.520	205
38	1.203	524	78	1.531	201
39	1.210	508	79	1.541	197
40	1.216	493	80	1.552	193

**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 2.0**

A	B	C	A	B	C
1	1.005	99.500	41	1.258	1.939
2	1.010	49.500	42	1.266	1.881
3	1.015	32.833	43	1.274	1.826
4	1.020	24.500	44	1.282	1.773
5	1.026	19.500	45	1.290	1.722
6	1.031	16.167	46	1.299	1.674
7	1.036	13.786	47	1.307	1.628
8	1.042	12.000	48	1.316	1.583
9	1.047	10.611	49	1.325	1.541
10	1.053	9.500	50	1.333	1.500
11	1.058	8.591	51	1.342	1.461
12	1.064	7.833	52	1.351	1.423
13	1.070	7.192	53	1.361	1.387
14	1.075	6.643	54	1.370	1.352
15	1.081	6.167	55	1.379	1.318
16	1.087	5.750	56	1.389	1.286
17	1.093	5.382	57	1.399	1.254
18	1.099	5.056	58	1.408	1.224
19	1.105	4.763	59	1.418	1.195
20	1.111	4.500	60	1.429	1.167
21	1.117	4.262	61	1.439	1.139
22	1.124	4.045	62	1.449	1.113
23	1.130	3.848	63	1.460	1.087
24	1.136	3.667	64	1.471	1.063
25	1.143	3.500	65	1.481	1.038
26	1.149	3.346	66	1.493	1.015
27	1.156	3.204	67	1.504	0.993
28	1.163	3.071	68	1.515	0.971
29	1.170	2.948	69	1.527	0.949
30	1.176	2.833	70	1.538	0.929
31	1.183	2.726	71	1.550	0.908
32	1.190	2.625	72	1.563	0.889
33	1.198	2.530	73	1.575	0.870
34	1.205	2.441	74	1.587	0.851
35	1.212	2.357	75	1.600	0.833
36	1.220	2.278	76	1.613	0.816
37	1.227	2.203	77	1.626	0.799
38	1.235	2.132	78	1.639	0.782
39	1.242	2.064	79	1.653	0.766
40	1.250	2.000	80	1.667	0.750

**Density of solids: 2.6**

A	B	C	A	B	C
1	1.006	99.385	41	1.337	1.824
2	1.012	49.385	42	1.349	1.766
3	1.019	32.718	43	1.360	1.710
4	1.025	24.385	44	1.371	1.657
5	1.032	19.385	45	1.383	1.607
6	1.038	16.051	46	1.395	1.559
7	1.045	13.670	47	1.407	1.512
8	1.052	11.885	48	1.419	1.468
9	1.059	10.496	49	1.432	1.425
10	1.066	9.385	50	1.444	1.385
11	1.073	8.476	51	1.457	1.345
12	1.080	7.718	52	1.471	1.308
13	1.087	7.077	53	1.484	1.271
14	1.094	6.527	54	1.498	1.236
15	1.102	6.051	55	1.512	1.203
16	1.109	5.635	56	1.526	1.170
17	1.117	5.267	57	1.540	1.139
18	1.125	4.940	58	1.555	1.109
19	1.132	4.648	59	1.570	1.080
20	1.140	4.385	60	1.585	1.051
21	1.148	4.147	61	1.601	1.024
22	1.157	3.930	62	1.617	0.998
23	1.165	3.732	63	1.633	0.972
24	1.173	3.551	64	1.650	0.947
25	1.182	3.385	65	1.667	0.923
26	1.190	3.231	66	1.684	0.900
27	1.199	3.088	67	1.702	0.877
28	1.208	2.956	68	1.720	0.855
29	1.217	2.833	69	1.738	0.834
30	1.226	2.718	70	1.757	0.813
31	1.236	2.610	71	1.776	0.793
32	1.245	2.510	72	1.796	0.774
33	1.255	2.415	73	1.816	0.754
34	1.265	2.326	74	1.836	0.736
35	1.275	2.242	75	1.857	0.718
36	1.285	2.162	76	1.879	0.700
37	1.295	2.087	77	1.901	0.683
38	1.305	2.016	78	1.923	0.667
39	1.316	1.949	79	1.946	0.650
40	1.327	1.885	80	1.970	0.635

## Miscellaneous

### Water and solids – Pulp density data (US)

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 2.0

A	B	C	A	B	C
1	1.005	23845	41	1.258	465
2	1.010	11863	42	1.266	451
3	1.015	7869	43	1.274	438
4	1.020	5871	44	1.282	425
5	1.026	4673	45	1.290	413
6	1.031	3874	46	1.299	401
7	1.036	3304	47	1.307	390
8	1.042	2876	48	1.316	379
9	1.047	2543	49	1.325	369
10	1.053	2277	50	1.333	359
11	1.058	2059	51	1.342	350
12	1.064	1877	52	1.351	341
13	1.070	1724	53	1.361	332
14	1.075	1592	54	1.370	324
15	1.081	1478	55	1.379	316
16	1.087	1378	56	1.389	308
17	1.093	1290	57	1.399	301
18	1.099	1212	58	1.408	293
19	1.105	1141	59	1.418	286
20	1.111	1078	60	1.429	280
21	1.117	1021	61	1.439	273
22	1.124	969	62	1.449	267
23	1.130	922	63	1.460	261
24	1.136	879	64	1.471	255
25	1.143	839	65	1.481	249
26	1.149	802	66	1.493	243
27	1.156	768	67	1.504	238
28	1.163	736	68	1.515	233
29	1.170	706	69	1.527	227
30	1.176	679	70	1.538	223
31	1.183	653	71	1.550	218
32	1.190	629	72	1.563	213
33	1.198	606	73	1.575	208
34	1.205	585	74	1.587	204
35	1.212	565	75	1.600	200
36	1.220	546	76	1.613	196
37	1.227	528	77	1.626	191
38	1.235	511	78	1.639	187
39	1.242	495	79	1.653	184
40	1.250	479	80	1.667	180

#### Density of solids: 2.6

A	B	C	A	B	C
1	1.006	23818	41	1.337	437
2	1.012	11835	42	1.349	423
3	1.019	7841	43	1.360	410
4	1.025	5844	44	1.371	397
5	1.032	4646	45	1.383	385
6	1.038	3847	46	1.395	374
7	1.045	3276	47	1.407	362
8	1.052	2848	48	1.419	352
9	1.059	2515	49	1.432	342
10	1.066	2249	50	1.444	332
11	1.073	2031	51	1.457	322
12	1.080	1850	52	1.471	313
13	1.087	1696	53	1.484	305
14	1.094	1564	54	1.498	296
15	1.102	1450	55	1.512	288
16	1.109	1350	56	1.526	280
17	1.117	1262	57	1.540	273
18	1.125	1184	58	1.555	266
19	1.132	1114	59	1.570	259
20	1.140	1051	60	1.585	252
21	1.148	994	61	1.601	245
22	1.157	942	62	1.617	239
23	1.165	894	63	1.633	233
24	1.173	851	64	1.650	227
25	1.182	811	65	1.667	221
26	1.190	774	66	1.684	216
27	1.199	740	67	1.702	210
28	1.208	708	68	1.720	205
29	1.217	679	69	1.738	200
30	1.226	651	70	1.757	195
31	1.236	625	71	1.776	190
32	1.245	602	72	1.796	185
33	1.255	579	73	1.816	181
34	1.265	557	74	1.836	176
35	1.275	537	75	1.857	172
36	1.285	518	76	1.879	168
37	1.295	500	77	1.901	164
38	1.305	483	78	1.923	160
39	1.316	467	79	1.946	156
40	1.327	452	80	1.970	152

**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 2.8**

A	B	C	A	B	C
1	1.006	99.357	41	1.358	1.796
2	1.013	49.357	42	1.370	1.738
3	1.020	32.690	43	1.382	1.683
4	1.026	24.357	44	1.394	1.630
5	1.033	19.357	45	1.407	1.579
6	1.040	16.024	46	1.420	1.531
7	1.047	13.643	47	1.433	1.485
8	1.054	11.857	48	1.446	1.440
9	1.061	10.468	49	1.460	1.398
10	1.069	9.357	50	1.474	1.357
11	1.076	8.448	51	1.488	1.318
12	1.084	7.690	52	1.502	1.280
13	1.091	7.049	53	1.517	1.244
14	1.099	6.500	54	1.532	1.209
15	1.107	6.024	55	1.547	1.175
16	1.115	5.607	56	1.563	1.143
17	1.123	5.239	57	1.578	1.112
18	1.131	4.913	58	1.595	1.081
19	1.139	4.620	59	1.611	1.052
20	1.148	4.357	60	1.628	1.024
21	1.156	4.119	61	1.645	0.996
22	1.165	3.903	62	1.663	0.970
23	1.174	3.705	63	1.681	0.944
24	1.182	3.524	64	1.699	0.920
25	1.191	3.357	65	1.718	0.896
26	1.201	3.203	66	1.737	0.872
27	1.210	3.061	67	1.757	0.850
28	1.220	2.929	68	1.777	0.828
29	1.229	2.805	69	1.797	0.806
30	1.239	2.690	70	1.818	0.786
31	1.249	2.583	71	1.840	0.766
32	1.259	2.482	72	1.862	0.746
33	1.269	2.387	73	1.884	0.727
34	1.280	2.298	74	1.907	0.708
35	1.290	2.214	75	1.931	0.690
36	1.301	2.135	76	1.955	0.673
37	1.312	2.060	77	1.980	0.656
38	1.323	1.989	78	2.006	0.639
39	1.335	1.921	79	2.032	0.623
40	1.346	1.857	80	2.059	0.607

**Density of solids: 3.0**

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.333	41	1.376	1.772
2	1.014	49.333	42	1.389	1.714
3	1.020	32.667	43	1.402	1.659
4	1.027	24.333	44	1.415	1.606
5	1.034	19.333	45	1.429	1.556
6	1.042	16.000	46	1.442	1.507
7	1.049	13.619	47	1.456	1.461
8	1.056	11.833	48	1.471	1.417
9	1.064	10.444	49	1.485	1.374
10	1.071	9.333	50	1.500	1.333
11	1.079	8.424	51	1.515	1.294
12	1.087	7.667	52	1.531	1.256
13	1.095	7.026	53	1.546	1.220
14	1.103	6.476	54	1.563	1.185
15	1.111	6.000	55	1.579	1.152
16	1.119	5.583	56	1.596	1.119
17	1.128	5.216	57	1.613	1.088
18	1.136	4.889	58	1.630	1.057
19	1.145	4.596	59	1.648	1.028
20	1.154	4.333	60	1.667	1.000
21	1.163	4.095	61	1.685	0.973
22	1.172	3.879	62	1.705	0.946
23	1.181	3.681	63	1.724	0.921
24	1.190	3.500	64	1.744	0.896
25	1.200	3.333	65	1.765	0.872
26	1.210	3.179	66	1.786	0.848
27	1.220	3.037	67	1.807	0.826
28	1.230	2.905	68	1.829	0.804
29	1.240	2.782	69	1.852	0.783
30	1.250	2.667	70	1.875	0.762
31	1.261	2.559	71	1.899	0.742
32	1.271	2.458	72	1.923	0.722
33	1.282	2.364	73	1.948	0.703
34	1.293	2.275	74	1.974	0.685
35	1.304	2.190	75	2.000	0.667
36	1.316	2.111	76	2.027	0.649
37	1.327	2.036	77	2.055	0.632
38	1.339	1.965	78	2.083	0.615
39	1.351	1.897	79	2.113	0.599
40	1.364	1.833	80	2.143	0.583

## Miscellaneous

### *Water and solids – Pulp density data (US)*

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 2.8

A	B	C	A	B	C
1	1.006	23811	41	1.358	430
2	1.013	11829	42	1.370	417
3	1.020	7834	43	1.382	403
4	1.026	5837	44	1.394	391
5	1.033	4639	45	1.407	378
6	1.040	3840	46	1.420	367
7	1.047	3270	47	1.433	356
8	1.054	2842	48	1.446	345
9	1.061	2509	49	1.460	335
10	1.069	2242	50	1.474	325
11	1.076	2025	51	1.488	316
12	1.084	1843	52	1.502	307
13	1.091	1689	53	1.517	298
14	1.099	1558	54	1.532	290
15	1.107	1444	55	1.547	282
16	1.115	1344	56	1.563	274
17	1.123	1256	57	1.578	266
18	1.131	1177	58	1.595	259
19	1.139	1107	59	1.611	252
20	1.148	1044	60	1.628	245
21	1.156	987	61	1.645	239
22	1.165	935	62	1.663	232
23	1.174	888	63	1.681	226
24	1.182	845	64	1.699	220
25	1.191	805	65	1.718	215
26	1.201	768	66	1.737	209
27	1.210	734	67	1.757	204
28	1.220	702	68	1.777	198
29	1.229	672	69	1.797	193
30	1.239	645	70	1.818	188
31	1.249	619	71	1.840	184
32	1.259	595	72	1.862	179
33	1.269	572	73	1.884	174
34	1.280	551	74	1.907	170
35	1.290	531	75	1.931	165
36	1.301	512	76	1.955	161
37	1.312	494	77	1.980	157
38	1.323	477	78	2.006	153
39	1.335	460	79	2.032	149
40	1.346	445	80	2.059	145

#### Density of solids: 3.0

A	B	C	A	B	C
1	1.007	23805	41	1.376	425
2	1.014	11823	42	1.389	411
3	1.020	7829	43	1.402	398
4	1.027	5831	44	1.415	385
5	1.034	4633	45	1.429	373
6	1.042	3834	46	1.442	361
7	1.049	3264	47	1.456	350
8	1.056	2836	48	1.471	340
9	1.064	2503	49	1.485	329
10	1.071	2237	50	1.500	319
11	1.079	2019	51	1.515	310
12	1.087	1837	52	1.531	301
13	1.095	1684	53	1.546	292
14	1.103	1552	54	1.563	284
15	1.111	1438	55	1.579	276
16	1.119	1338	56	1.596	268
17	1.128	1250	57	1.613	261
18	1.136	1172	58	1.630	253
19	1.145	1101	59	1.648	246
20	1.154	1038	60	1.667	240
21	1.163	981	61	1.685	233
22	1.172	930	62	1.705	227
23	1.181	882	63	1.724	221
24	1.190	839	64	1.744	215
25	1.200	799	65	1.765	209
26	1.210	762	66	1.786	203
27	1.220	728	67	1.807	198
28	1.230	696	68	1.829	193
29	1.240	667	69	1.852	188
30	1.250	639	70	1.875	183
31	1.261	613	71	1.899	178
32	1.271	589	72	1.923	173
33	1.282	567	73	1.948	168
34	1.293	545	74	1.974	164
35	1.304	525	75	2.000	160
36	1.316	506	76	2.027	156
37	1.327	488	77	2.055	151
38	1.339	471	78	2.083	147
39	1.351	455	79	2.113	144
40	1.364	439	80	2.143	140

**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 3.2**

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.313	41	1.393	1.752
2	1.014	49.313	42	1.406	1.693
3	1.021	32.646	43	1.420	1.638
4	1.028	24.313	44	1.434	1.585
5	1.036	19.313	45	1.448	1.535
6	1.043	15.979	46	1.463	1.486
7	1.051	13.598	47	1.477	1.440
8	1.058	11.813	48	1.493	1.396
9	1.066	10.424	49	1.508	1.353
10	1.074	9.313	50	1.524	1.313
11	1.082	8.403	51	1.540	1.273
12	1.090	7.646	52	1.556	1.236
13	1.098	7.005	53	1.573	1.199
14	1.107	6.455	54	1.590	1.164
15	1.115	5.979	55	1.608	1.131
16	1.124	5.563	56	1.626	1.098
17	1.132	5.195	57	1.644	1.067
18	1.141	4.868	58	1.663	1.037
19	1.150	4.576	59	1.682	1.007
20	1.159	4.313	60	1.702	0.979
21	1.169	4.074	61	1.722	0.952
22	1.178	3.858	62	1.743	0.925
23	1.188	3.660	63	1.764	0.900
24	1.198	3.479	64	1.786	0.875
25	1.208	3.313	65	1.808	0.851
26	1.218	3.159	66	1.831	0.828
27	1.228	3.016	67	1.854	0.805
28	1.238	2.884	68	1.878	0.783
29	1.249	2.761	69	1.902	0.762
30	1.260	2.646	70	1.928	0.741
31	1.271	2.538	71	1.954	0.721
32	1.282	2.438	72	1.980	0.701
33	1.293	2.343	73	2.008	0.682
34	1.305	2.254	74	2.036	0.664
35	1.317	2.170	75	2.065	0.646
36	1.329	2.090	76	2.094	0.628
37	1.341	2.015	77	2.125	0.611
38	1.354	1.944	78	2.156	0.595
39	1.366	1.877	79	2.189	0.578
40	1.379	1.813	80	2.222	0.563

**Density of solids: 3.4**

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.294	41	1.407	1.733
2	1.014	49.294	42	1.421	1.675
3	1.022	32.627	43	1.436	1.620
4	1.029	24.294	44	1.451	1.567
5	1.037	19.294	45	1.466	1.516
6	1.044	15.961	46	1.481	1.468
7	1.052	13.580	47	1.496	1.422
8	1.060	11.794	48	1.512	1.377
9	1.068	10.405	49	1.529	1.335
10	1.076	9.294	50	1.545	1.294
11	1.084	8.385	51	1.563	1.255
12	1.093	7.627	52	1.580	1.217
13	1.101	6.986	53	1.598	1.181
14	1.110	6.437	54	1.616	1.146
15	1.118	5.961	55	1.635	1.112
16	1.127	5.544	56	1.654	1.080
17	1.136	5.176	57	1.673	1.049
18	1.146	4.850	58	1.693	1.018
19	1.155	4.557	59	1.714	0.989
20	1.164	4.294	60	1.735	0.961
21	1.174	4.056	61	1.756	0.933
22	1.184	3.840	62	1.778	0.907
23	1.194	3.642	63	1.801	0.881
24	1.204	3.461	64	1.824	0.857
25	1.214	3.294	65	1.848	0.833
26	1.225	3.140	66	1.872	0.809
27	1.235	2.998	67	1.897	0.787
28	1.246	2.866	68	1.923	0.765
29	1.257	2.742	69	1.950	0.743
30	1.269	2.627	70	1.977	0.723
31	1.280	2.520	71	2.005	0.703
32	1.292	2.419	72	2.033	0.683
33	1.304	2.324	73	2.063	0.664
34	1.316	2.235	74	2.094	0.645
35	1.328	2.151	75	2.125	0.627
36	1.341	2.072	76	2.157	0.610
37	1.354	1.997	77	2.191	0.593
38	1.367	1.926	78	2.225	0.576
39	1.380	1.858	79	2.261	0.560
40	1.393	1.794	80	2.297	0.544

## Miscellaneous

### Water and solids – Pulp density data (US)

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 3.2

A	B	C	A	B	C
1	1.007	23801	41	1.393	420
2	1.014	11818	42	1.406	406
3	1.021	7824	43	1.420	393
4	1.028	5827	44	1.434	380
5	1.036	4628	45	1.448	368
6	1.043	3829	46	1.463	356
7	1.051	3259	47	1.477	345
8	1.058	2831	48	1.493	335
9	1.066	2498	49	1.508	324
10	1.074	2232	50	1.524	315
11	1.082	2014	51	1.540	305
12	1.090	1832	52	1.556	296
13	1.098	1679	53	1.573	287
14	1.107	1547	54	1.590	279
15	1.115	1433	55	1.608	271
16	1.124	1333	56	1.626	263
17	1.132	1245	57	1.644	256
18	1.141	1167	58	1.663	249
19	1.150	1097	59	1.682	241
20	1.159	1034	60	1.702	235
21	1.169	976	61	1.722	228
22	1.178	925	62	1.743	222
23	1.188	877	63	1.764	216
24	1.198	834	64	1.786	210
25	1.208	794	65	1.808	204
26	1.218	757	66	1.831	198
27	1.228	723	67	1.854	193
28	1.238	691	68	1.878	188
29	1.249	662	69	1.902	183
30	1.260	634	70	1.928	178
31	1.271	608	71	1.954	173
32	1.282	584	72	1.980	168
33	1.293	562	73	2.008	163
34	1.305	540	74	2.036	159
35	1.317	520	75	2.065	155
36	1.329	501	76	2.094	151
37	1.341	483	77	2.125	146
38	1.354	466	78	2.156	143
39	1.366	450	79	2.189	139
40	1.379	434	80	2.222	135

#### Density of solids: 3.4

A	B	C	A	B	C
1	1.007	23796	41	1.407	415
2	1.014	11813	42	1.421	401
3	1.022	7819	43	1.436	388
4	1.029	5822	44	1.451	376
5	1.037	4624	45	1.466	363
6	1.044	3825	46	1.481	352
7	1.052	3254	47	1.496	341
8	1.060	2826	48	1.512	330
9	1.068	2494	49	1.529	320
10	1.076	2227	50	1.545	310
11	1.084	2009	51	1.563	301
12	1.093	1828	52	1.580	292
13	1.101	1674	53	1.598	283
14	1.110	1543	54	1.616	275
15	1.118	1429	55	1.635	266
16	1.127	1329	56	1.654	259
17	1.136	1240	57	1.673	251
18	1.146	1162	58	1.693	244
19	1.155	1092	59	1.714	237
20	1.164	1029	60	1.735	230
21	1.174	972	61	1.756	224
22	1.184	920	62	1.778	217
23	1.194	873	63	1.801	211
24	1.204	829	64	1.824	205
25	1.214	789	65	1.848	200
26	1.225	753	66	1.872	194
27	1.235	718	67	1.897	189
28	1.246	687	68	1.923	183
29	1.257	657	69	1.950	178
30	1.269	630	70	1.977	173
31	1.280	604	71	2.005	168
32	1.292	580	72	2.033	164
33	1.304	557	73	2.063	159
34	1.316	536	74	2.094	155
35	1.328	515	75	2.125	150
36	1.341	497	76	2.157	146
37	1.354	479	77	2.191	142
38	1.367	462	78	2.225	138
39	1.380	445	79	2.261	134
40	1.393	430	80	2.297	130



**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 3.6**

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.278	41	1.421	1.717
2	1.015	49.278	42	1.435	1.659
3	1.022	32.611	43	1.450	1.603
4	1.030	24.278	44	1.466	1.551
5	1.037	19.278	45	1.481	1.500
6	1.045	15.944	46	1.498	1.452
7	1.053	13.563	47	1.514	1.405
8	1.061	11.778	48	1.531	1.361
9	1.070	10.389	49	1.548	1.319
10	1.078	9.278	50	1.565	1.278
11	1.086	8.369	51	1.583	1.239
12	1.095	7.611	52	1.601	1.201
13	1.104	6.970	53	1.620	1.165
14	1.112	6.421	54	1.639	1.130
15	1.121	5.944	55	1.659	1.096
16	1.131	5.528	56	1.679	1.063
17	1.140	5.160	57	1.700	1.032
18	1.149	4.833	58	1.721	1.002
19	1.159	4.541	59	1.742	0.973
20	1.169	4.278	60	1.765	0.944
21	1.179	4.040	61	1.787	0.917
22	1.189	3.823	62	1.811	0.891
23	1.199	3.626	63	1.835	0.865
24	1.210	3.444	64	1.860	0.840
25	1.220	3.278	65	1.885	0.816
26	1.231	3.124	66	1.911	0.793
27	1.242	2.981	67	1.938	0.770
28	1.253	2.849	68	1.965	0.748
29	1.265	2.726	69	1.993	0.727
30	1.277	2.611	70	2.022	0.706
31	1.288	2.504	71	2.052	0.686
32	1.301	2.403	72	2.083	0.667
33	1.313	2.308	73	2.115	0.648
34	1.325	2.219	74	2.148	0.629
35	1.338	2.135	75	2.182	0.611
36	1.351	2.056	76	2.217	0.594
37	1.365	1.980	77	2.253	0.576
38	1.378	1.909	78	2.290	0.560
39	1.392	1.842	79	2.329	0.544
40	1.406	1.778	80	2.368	0.528

**Density of solids: 3.8**

A	B	C	A	B	C
1	1.007	99.263	41	1.433	1.702
2	1.015	49.263	42	1.448	1.644
3	1.023	32.596	43	1.464	1.589
4	1.030	24.263	44	1.480	1.536
5	1.038	19.263	45	1.496	1.485
6	1.046	15.930	46	1.513	1.437
7	1.054	13.549	47	1.530	1.391
8	1.063	11.763	48	1.547	1.346
9	1.071	10.374	49	1.565	1.304
10	1.080	9.263	50	1.583	1.263
11	1.088	8.354	51	1.602	1.224
12	1.097	7.596	52	1.621	1.186
13	1.106	6.955	53	1.641	1.150
14	1.115	6.406	54	1.661	1.115
15	1.124	5.930	55	1.681	1.081
16	1.134	5.513	56	1.703	1.049
17	1.143	5.146	57	1.724	1.018
18	1.153	4.819	58	1.746	0.987
19	1.163	4.526	59	1.769	0.958
20	1.173	4.263	60	1.792	0.930
21	1.183	4.025	61	1.816	0.903
22	1.193	3.809	62	1.841	0.876
23	1.204	3.611	63	1.866	0.850
24	1.215	3.430	64	1.892	0.826
25	1.226	3.263	65	1.919	0.802
26	1.237	3.109	66	1.947	0.778
27	1.248	2.967	67	1.975	0.756
28	1.260	2.835	68	2.004	0.734
29	1.272	2.711	69	2.034	0.712
30	1.284	2.596	70	2.065	0.692
31	1.296	2.489	71	2.097	0.672
32	1.309	2.388	72	2.130	0.652
33	1.321	2.293	73	2.164	0.633
34	1.334	2.204	74	2.199	0.615
35	1.348	2.120	75	2.235	0.596
36	1.361	2.041	76	2.273	0.579
37	1.375	1.966	77	2.311	0.562
38	1.389	1.895	78	2.351	0.545
39	1.403	1.827	79	2.393	0.529
40	1.418	1.763	80	2.436	0.513

## Miscellaneous

### Water and solids – Pulp density data (US)

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 3.6

A	B	C	A	B	C
1	1.007	23792	41	1.421	411
2	1.015	11810	42	1.435	398
3	1.022	7815	43	1.450	384
4	1.030	5818	44	1.466	372
5	1.037	4620	45	1.481	359
6	1.045	3821	46	1.498	348
7	1.053	3250	47	1.514	337
8	1.061	2823	48	1.531	326
9	1.070	2490	49	1.548	316
10	1.078	2223	50	1.565	306
11	1.086	2006	51	1.583	297
12	1.095	1824	52	1.601	288
13	1.104	1670	53	1.620	279
14	1.112	1539	54	1.639	271
15	1.121	1424	55	1.659	263
16	1.131	1325	56	1.679	255
17	1.140	1237	57	1.700	247
18	1.149	1158	58	1.721	240
19	1.159	1088	59	1.742	233
20	1.169	1025	60	1.765	226
21	1.179	968	61	1.787	220
22	1.189	916	62	1.811	214
23	1.199	869	63	1.835	207
24	1.210	825	64	1.860	201
25	1.220	786	65	1.885	196
26	1.231	749	66	1.911	190
27	1.242	714	67	1.938	185
28	1.253	683	68	1.965	179
29	1.265	653	69	1.993	174
30	1.277	626	70	2.022	169
31	1.288	600	71	2.052	164
32	1.301	576	72	2.083	160
33	1.313	553	73	2.115	155
34	1.325	532	74	2.148	151
35	1.338	512	75	2.182	146
36	1.351	493	76	2.217	142
37	1.365	475	77	2.253	138
38	1.378	457	78	2.290	134
39	1.392	441	79	2.329	130
40	1.406	426	80	2.368	127

#### Density of solids: 3.8

A	B	C	A	B	C
1	1.007	23789	41	1.433	408
2	1.015	11806	42	1.448	394
3	1.023	7812	43	1.464	381
4	1.030	5815	44	1.480	368
5	1.038	4616	45	1.496	356
6	1.046	3818	46	1.513	344
7	1.054	3247	47	1.530	333
8	1.063	2819	48	1.547	323
9	1.071	2486	49	1.565	313
10	1.080	2220	50	1.583	303
11	1.088	2002	51	1.602	293
12	1.097	1820	52	1.621	284
13	1.106	1667	53	1.641	276
14	1.115	1535	54	1.661	267
15	1.124	1421	55	1.681	259
16	1.134	1321	56	1.703	251
17	1.143	1233	57	1.724	244
18	1.153	1155	58	1.746	237
19	1.163	1085	59	1.769	230
20	1.173	1022	60	1.792	223
21	1.183	965	61	1.816	216
22	1.193	913	62	1.841	210
23	1.204	865	63	1.866	204
24	1.215	822	64	1.892	198
25	1.226	782	65	1.919	192
26	1.237	745	66	1.947	186
27	1.248	711	67	1.975	181
28	1.260	679	68	2.004	176
29	1.272	650	69	2.034	171
30	1.284	622	70	2.065	166
31	1.296	596	71	2.097	161
32	1.309	572	72	2.130	156
33	1.321	550	73	2.164	152
34	1.334	528	74	2.199	147
35	1.348	508	75	2.235	143
36	1.361	489	76	2.273	139
37	1.375	471	77	2.311	135
38	1.389	454	78	2.351	131
39	1.403	438	79	2.393	127
40	1.418	423	80	2.436	123

**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 4.2**

A	B	C	A	B	C
1	1.008	99.238	41	1.454	1.677
2	1.015	49.238	42	1.471	1.619
3	1.023	32.571	43	1.487	1.564
4	1.031	24.238	44	1.504	1.511
5	1.040	19.238	45	1.522	1.460
6	1.048	15.905	46	1.540	1.412
7	1.056	13.524	47	1.558	1.366
8	1.065	11.738	48	1.577	1.321
9	1.074	10.349	49	1.596	1.279
10	1.082	9.238	50	1.615	1.238
11	1.091	8.329	51	1.636	1.199
12	1.101	7.571	52	1.656	1.161
13	1.110	6.930	53	1.677	1.125
14	1.119	6.381	54	1.699	1.090
15	1.129	5.905	55	1.721	1.056
16	1.139	5.488	56	1.744	1.024
17	1.149	5.120	57	1.768	0.992
18	1.159	4.794	58	1.792	0.962
19	1.169	4.501	59	1.817	0.933
20	1.180	4.238	60	1.842	0.905
21	1.190	4.000	61	1.868	0.877
22	1.201	3.784	62	1.895	0.851
23	1.212	3.586	63	1.923	0.825
24	1.224	3.405	64	1.952	0.801
25	1.235	3.238	65	1.981	0.777
26	1.247	3.084	66	2.011	0.753
27	1.259	2.942	67	2.043	0.731
28	1.271	2.810	68	2.075	0.709
29	1.284	2.686	69	2.108	0.687
30	1.296	2.571	70	2.143	0.667
31	1.309	2.464	71	2.178	0.647
32	1.322	2.363	72	2.215	0.627
33	1.336	2.268	73	2.253	0.608
34	1.350	2.179	74	2.293	0.589
35	1.364	2.095	75	2.333	0.571
36	1.378	2.016	76	2.376	0.554
37	1.393	1.941	77	2.419	0.537
38	1.408	1.870	78	2.465	0.520
39	1.423	1.802	79	2.512	0.504
40	1.438	1.738	80	2.561	0.488

**Density of solids: 4.6**

A	B	C	A	B	C
1	1.008	99.217	41	1.472	1.656
2	1.016	49.217	42	1.490	1.598
3	1.024	32.551	43	1.507	1.543
4	1.032	24.217	44	1.525	1.490
5	1.041	19.217	45	1.544	1.440
6	1.049	15.884	46	1.563	1.391
7	1.058	13.503	47	1.582	1.345
8	1.067	11.717	48	1.602	1.301
9	1.076	10.329	49	1.622	1.258
10	1.085	9.217	50	1.643	1.217
11	1.094	8.308	51	1.664	1.178
12	1.104	7.551	52	1.686	1.140
13	1.113	6.910	53	1.709	1.104
14	1.123	6.360	54	1.732	1.069
15	1.133	5.884	55	1.756	1.036
16	1.143	5.467	56	1.780	1.003
17	1.153	5.100	57	1.805	0.972
18	1.164	4.773	58	1.831	0.942
19	1.175	4.481	59	1.858	0.912
20	1.186	4.217	60	1.885	0.884
21	1.197	3.979	61	1.913	0.857
22	1.208	3.763	62	1.943	0.830
23	1.220	3.565	63	1.973	0.805
24	1.231	3.384	64	2.003	0.780
25	1.243	3.217	65	2.035	0.756
26	1.255	3.064	66	2.068	0.733
27	1.268	2.921	67	2.102	0.710
28	1.281	2.789	68	2.138	0.688
29	1.294	2.666	69	2.174	0.667
30	1.307	2.551	70	2.212	0.646
31	1.320	2.443	71	2.250	0.626
32	1.334	2.342	72	2.291	0.606
33	1.348	2.248	73	2.333	0.587
34	1.363	2.159	74	2.376	0.569
35	1.377	2.075	75	2.421	0.551
36	1.392	1.995	76	2.468	0.533
37	1.408	1.920	77	2.516	0.516
38	1.423	1.849	78	2.567	0.499
39	1.439	1.781	79	2.620	0.483
40	1.456	1.717	80	2.674	0.467

## Miscellaneous

### Water and solids – Pulp density data (US)

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 4.2

A	B	C	A	B	C
1	1.008	23783	41	1.454	402
2	1.015	11800	42	1.471	388
3	1.023	7806	43	1.487	375
4	1.031	5809	44	1.504	362
5	1.040	4610	45	1.522	350
6	1.048	3812	46	1.540	338
7	1.056	3241	47	1.558	327
8	1.065	2813	48	1.577	317
9	1.074	2480	49	1.596	307
10	1.082	2214	50	1.615	297
11	1.091	1996	51	1.636	287
12	1.101	1814	52	1.656	278
13	1.110	1661	53	1.677	270
14	1.119	1529	54	1.699	261
15	1.129	1415	55	1.721	253
16	1.139	1315	56	1.744	245
17	1.149	1227	57	1.768	238
18	1.159	1149	58	1.792	231
19	1.169	1079	59	1.817	224
20	1.180	1016	60	1.842	217
21	1.190	959	61	1.868	210
22	1.201	907	62	1.895	204
23	1.212	859	63	1.923	198
24	1.224	816	64	1.952	192
25	1.235	776	65	1.981	186
26	1.247	739	66	2.011	180
27	1.259	705	67	2.043	175
28	1.271	673	68	2.075	170
29	1.284	644	69	2.108	165
30	1.296	616	70	2.143	160
31	1.309	591	71	2.178	155
32	1.322	566	72	2.215	150
33	1.336	544	73	2.253	146
34	1.350	522	74	2.293	141
35	1.364	502	75	2.333	137
36	1.378	483	76	2.376	133
37	1.393	465	77	2.419	129
38	1.408	448	78	2.465	125
39	1.423	432	79	2.512	121
40	1.438	417	80	2.561	117

#### Density of solids: 4.6

A	B	C	A	B	C
1	1.008	23778	41	1.472	397
2	1.016	11795	42	1.490	383
3	1.024	7801	43	1.507	370
4	1.032	5804	44	1.525	357
5	1.041	4605	45	1.544	345
6	1.049	3807	46	1.563	333
7	1.058	3236	47	1.582	322
8	1.067	2808	48	1.602	312
9	1.076	2475	49	1.622	301
10	1.085	2209	50	1.643	292
11	1.094	1991	51	1.664	282
12	1.104	1810	52	1.686	273
13	1.113	1656	53	1.709	265
14	1.123	1524	54	1.732	256
15	1.133	1410	55	1.756	248
16	1.143	1310	56	1.780	240
17	1.153	1222	57	1.805	233
18	1.164	1144	58	1.831	226
19	1.175	1074	59	1.858	219
20	1.186	1011	60	1.885	212
21	1.197	954	61	1.913	205
22	1.208	902	62	1.943	199
23	1.220	854	63	1.973	193
24	1.231	811	64	2.003	187
25	1.243	771	65	2.035	181
26	1.255	734	66	2.068	176
27	1.268	700	67	2.102	170
28	1.281	668	68	2.138	165
29	1.294	639	69	2.174	160
30	1.307	611	70	2.212	155
31	1.320	585	71	2.250	150
32	1.334	561	72	2.291	145
33	1.348	539	73	2.333	141
34	1.363	517	74	2.376	136
35	1.377	497	75	2.421	132
36	1.392	478	76	2.468	128
37	1.408	460	77	2.516	124
38	1.423	443	78	2.567	120
39	1.439	427	79	2.620	116
40	1.456	411	80	2.674	112

**Water and solids – Pulp density data (metric)**

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density [ton/m<sup>3</sup>]C = Pulp volume [m<sup>3</sup>/ton solids]**Density of solids: 5.0**

A	B	C	A	B	C
1	1.008	99.200	41	1.488	1.639
2	1.016	49.200	42	1.506	1.581
3	1.025	32.533	43	1.524	1.526
4	1.033	24.200	44	1.543	1.473
5	1.042	19.200	45	1.563	1.422
6	1.050	15.867	46	1.582	1.374
7	1.059	13.486	47	1.603	1.328
8	1.068	11.700	48	1.623	1.283
9	1.078	10.311	49	1.645	1.241
10	1.087	9.200	50	1.667	1.200
11	1.096	8.291	51	1.689	1.161
12	1.106	7.533	52	1.712	1.123
13	1.116	6.892	53	1.736	1.087
14	1.126	6.343	54	1.761	1.052
15	1.136	5.867	55	1.786	1.018
16	1.147	5.450	56	1.812	0.986
17	1.157	5.082	57	1.838	0.954
18	1.168	4.756	58	1.866	0.924
19	1.179	4.463	59	1.894	0.895
20	1.190	4.200	60	1.923	0.867
21	1.202	3.962	61	1.953	0.839
22	1.214	3.745	62	1.984	0.813
23	1.225	3.548	63	2.016	0.787
24	1.238	3.367	64	2.049	0.763
25	1.250	3.200	65	2.083	0.738
26	1.263	3.046	66	2.119	0.715
27	1.276	2.904	67	2.155	0.693
28	1.289	2.771	68	2.193	0.671
29	1.302	2.648	69	2.232	0.649
30	1.316	2.533	70	2.273	0.629
31	1.330	2.426	71	2.315	0.608
32	1.344	2.325	72	2.358	0.589
33	1.359	2.230	73	2.404	0.570
34	1.374	2.141	74	2.451	0.551
35	1.389	2.057	75	2.500	0.533
36	1.404	1.978	76	2.551	0.516
37	1.420	1.903	77	2.604	0.499
38	1.437	1.832	78	2.660	0.482
39	1.453	1.764	79	2.717	0.466
40	1.471	1.700	80	2.778	0.450

## Miscellaneous

### *Water and solids – Pulp density data (US)*

A = Solids by weight [%]

B = Pulp density

C = Pulp volume [USG/ston solids]

#### Density of solids: 5.0

A	B	C	A	B	C
1	1.008	23774	41	1.488	393
2	1.016	11791	42	1.506	379
3	1.025	7797	43	1.524	366
4	1.033	5800	44	1.543	353
5	1.042	4601	45	1.563	341
6	1.050	3803	46	1.582	329
7	1.059	3232	47	1.603	318
8	1.068	2804	48	1.623	307
9	1.078	2471	49	1.645	297
10	1.087	2205	50	1.667	288
11	1.096	1987	51	1.689	278
12	1.106	1805	52	1.712	269
13	1.116	1652	53	1.736	261
14	1.126	1520	54	1.761	252
15	1.136	1406	55	1.786	244
16	1.147	1306	56	1.812	236
17	1.157	1218	57	1.838	229
18	1.168	1140	58	1.866	221
19	1.179	1070	59	1.894	214
20	1.190	1007	60	1.923	208
21	1.202	950	61	1.953	201
22	1.214	897	62	1.984	195
23	1.225	850	63	2.016	189
24	1.238	807	64	2.049	183
25	1.250	767	65	2.083	177
26	1.263	730	66	2.119	171
27	1.276	696	67	2.155	166
28	1.289	664	68	2.193	161
29	1.302	635	69	2.232	156
30	1.316	607	70	2.273	151
31	1.330	581	71	2.315	146
32	1.344	557	72	2.358	141
33	1.359	534	73	2.404	137
34	1.374	513	74	2.451	132
35	1.389	493	75	2.500	128
36	1.404	474	76	2.551	124
37	1.420	456	77	2.604	120
38	1.437	439	78	2.660	116
39	1.453	423	79	2.717	112
40	1.471	407	80	2.778	108



Edition 10, 2015. Price € 20. English. [www.metso.com](http://www.metso.com)

Information in this document is subject to change without notice. Drawings according to first angle projection method. No part of this document may be reproduced in any form without the permission of Metso.

© 2015 Metso Corporation. All rights reserved.



**FLEXSTEEL®  
CONVEYOR  
BELTING**



**BANDAS  
TRANSPORTADORAS  
FLEXSTEEL**

**GOODYEAR**



## NUESTRA DEDICACIÓN: SATISFACER A LOS CUENTES

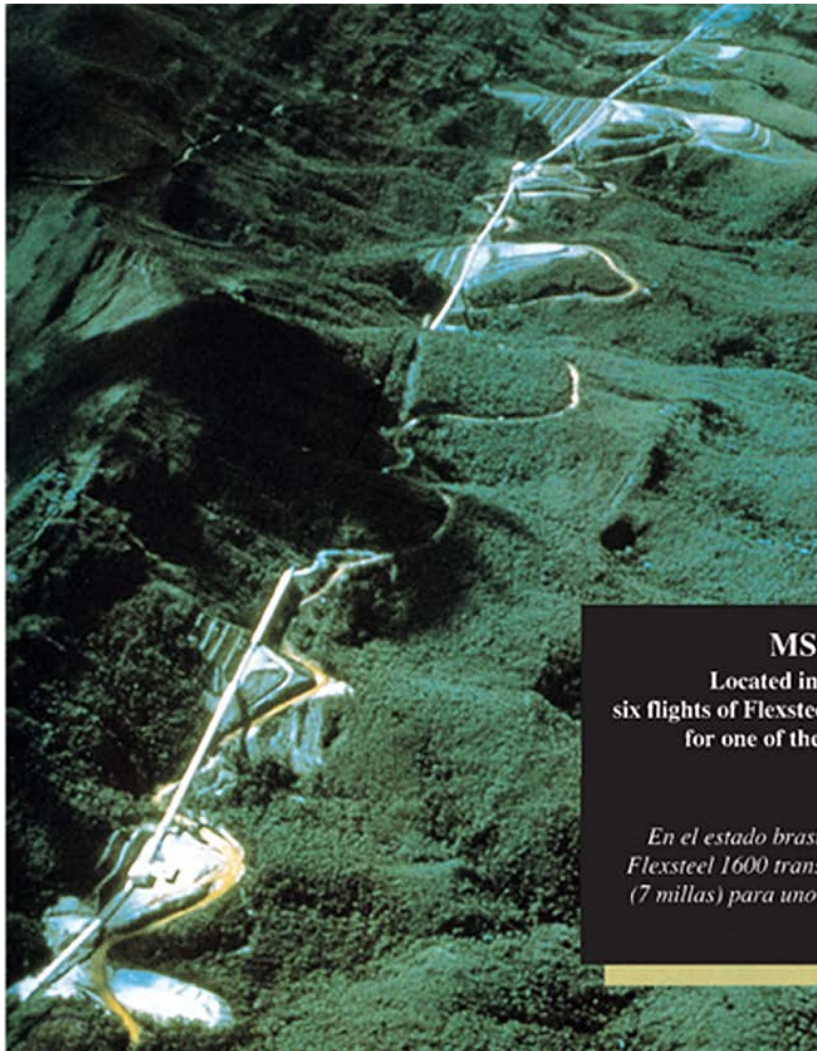
A medida que los fabricantes planifican para el futuro, solamente quienes se impongan como norma obtener la satisfacción total del cliente prevalecerán en la economía mundial.

Goodyear aspira constantemente a mejorar sus productos y servicios en un esfuerzo por maximizar el nivel de desempeño que les ofrece a sus clientes. La línea de bandas transportadoras de acero Flexsteel® de Goodyear es clara ilustración del compromiso que nosotros nos hemos impuesto para con nuestros clientes.

Desde que Goodyear lanzó al mercado en 1942 la primera banda reforzada de acero del mundo, para uso por la industria del manejo de materiales, nos hemos consolidado en el liderazgo

mundial como vendedores de bandas transportadoras. Cinco plantas fabriles en cuatro continentes han despachado a cuatro continentes más de 3.3 millones de metros (10 millones de pies) de banda de cable reforzado de acero de marca Goodyear. Nuestra

Hoy por hoy, nuestro Grupo de Ingeniería Mundial sigue diseñando la línea Flexsteel con especificaciones que proporcionan el costo más bajo por tonelada de material transportado para cada uno de los sistemas únicos de nuestros clientes. Sea cual sea el trabajo, confíe en que el diseño y la ingeniería de Goodyear le permitirá acarrear su material de manera confiable y económica.

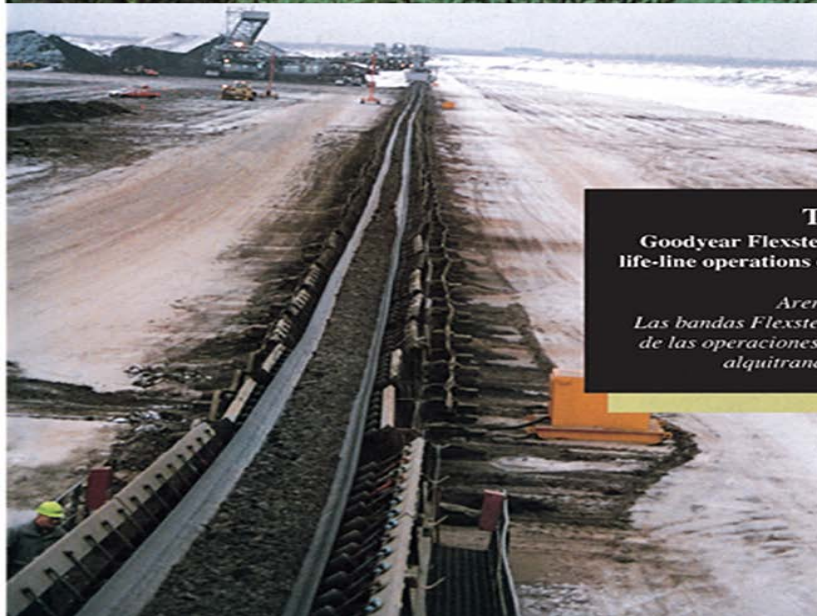


### MSG-Capanema, Brazil

Located in the Minas Gerais State of Brazil, six flights of Flexsteel 1600 carry material seven miles (11 KM) for one of the world's largest iron ore producers.

#### MSG-Capanema

En el estado brasileño de Minas Gerais, 6 tramos de banda Flexsteel 1600 transportan material a lo largo de 11 kilómetros (7 millas) para uno de los productores más grandes de mineral de hierro en el mundo.



### Tar Sands - Canada

Goodyear Flexsteel belting is an integral component in the life-line operations of the tar sands located in Alberta, Canada

#### Arenas Alquitránadas en Canadá

Las bandas Flexsteel de Goodyear son un componente integral de las operaciones vitales que se llevan a cabo con las arenas alquitránadas ubicadas en Alberta, Canadá.

## SUPERIOR STRENGTH, DURABILITY, EASE OF INSTALLATION

Goodyear's Flexsteel conveyor belting has provided maximum protection against pounding and abuse in some of the world's largest and most demanding applications. Flexsteel belting is the only choice when extremely high tensions are present, having proven itself on copper and coal systems operating at 4965 PIW (ST5800) tension.

Flexsteel is also the preferred belt on long overlands and short Stacker systems where minimum belt elongation is a critical design consideration. Flexsteel's steel cord reinforcement elongates a maximum of 1/4% at rated tension, allowing for acceptable take-up travel design on long overlands, as well as short Stacker/Reclaimer systems.

Goodyear has the capability to manufacture Flexsteel belts in long lengths up to 168" (4.2m) roll diameters, or 50 short ton (45.4 M.T.) rolls at some production locations. This allows for the minimum number of splices or joints in a conveyor system, which facilitates faster installation while providing a more reliable system.

Additional time can be saved during installation by using another Goodyear innovation. Quick Splice belt ends are prepared during production so that cover skiving is minimized during the splicing procedure, allowing for a quicker and better installation.

You can depend on Flexsteel steel cord belts to be precisely engineered to meet rigorous manufacturing standards. Rely on Flexsteel for strength, durability and ease of installation.

## RESISTENCIA SUPERIOR, MAYOR DURABILIDAD Y FACILIDAD DE INSTALACIÓN

Las bandas transportadoras Flexsteel de Goodyear han proporcionado máxima protección contra los golpes y el maltrato en algunas de las aplicaciones más exigentes y más grandes del mundo. En entornos en los que la alta tensión es característica común, las bandas transportadoras Flexsteel son la única opción, habiendo demostrado su capacidad en sistemas para cobre y carbón que funcionan a tensiones de 4965 PIW (ST5800).

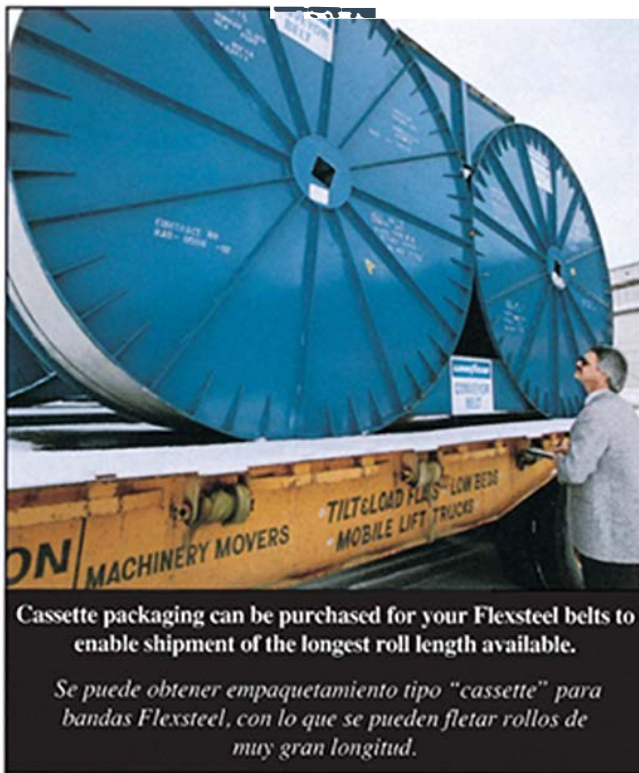
Flexsteel también es la banda preferida para sistemas de transporte terrestre extensos y en sistemas de apilamiento cortos gracias a que en ambos un factor de diseño de importancia crítica consiste en que el estiramiento que experimenta la banda es mínimo. Gracias al refuerzo del cable de acero de Flexsteel el estiramiento máximo es de 1/4% a la capacidad de tensión, por lo cual se puede utilizar el diseño tanto en sistemas de recorridos largos como en sistemas de apilamiento y reclamación de recorridos cortos.

En algunas plantas de producción, Goodyear tiene la capacidad de fabricar bandas Flexsteel en longitudes largas con diámetros de rollo de hasta 4.2 metros (168 pulgadas) o en rollos de 45.4 toneladas métricas (50 toneladas). Esto permite implantar sistemas de transporte con menos empalmes o uniones, lo cual facilita la instalación al mismo tiempo que establece un sistema más confiable.

Se puede economizar más tiempo todavía durante la instalación, valiéndose de otra innovación de Goodyear. Durante la producción se elaboran extremos de empalme

rápido a fin de minimizar el raspado de la banda durante el procedimiento de unión, lo cual nuevamente se traduce en instalaciones más expeditas y de mejor calidad.

Usted puede confiar en que las bandas de cable de acero Flexsteel se valdrán de la ingeniería de alta precisión para satisfacer las normas de manufactura más rígidas. Cuento con Flexsteel cuando busque fuerza, durabilidad y facilidad de instalación.



Cassette packaging can be purchased for your Flexsteel belts to enable shipment of the longest roll length available.

*Se puede obtener empaquetamiento tipo "cassette" para bandas Flexsteel, con lo que se pueden fletar rollos de muy gran longitud.*



Stacker/Reclaimer systems rely on the low elongation characteristics of Flexsteel belting.

*Los sistemas de apilamiento y reclamación dependen de la característica de bajo estiramiento de las bandas Flexsteel.*

## FLEXSTEEL: A TECHNICALLY SUPERIOR PRODUCT

Generations of Goodyear engineers have been involved for over 50 years in the design and application of steel reinforced conveyor belting. This cumulative experience translates into state-of-the-art technology, assuring superior product design, and maximum performance for our customers.

There are three component parts to Flexsteel belting, each one critical to belt performance:

### ZINC GALVANIZED STEEL CORD

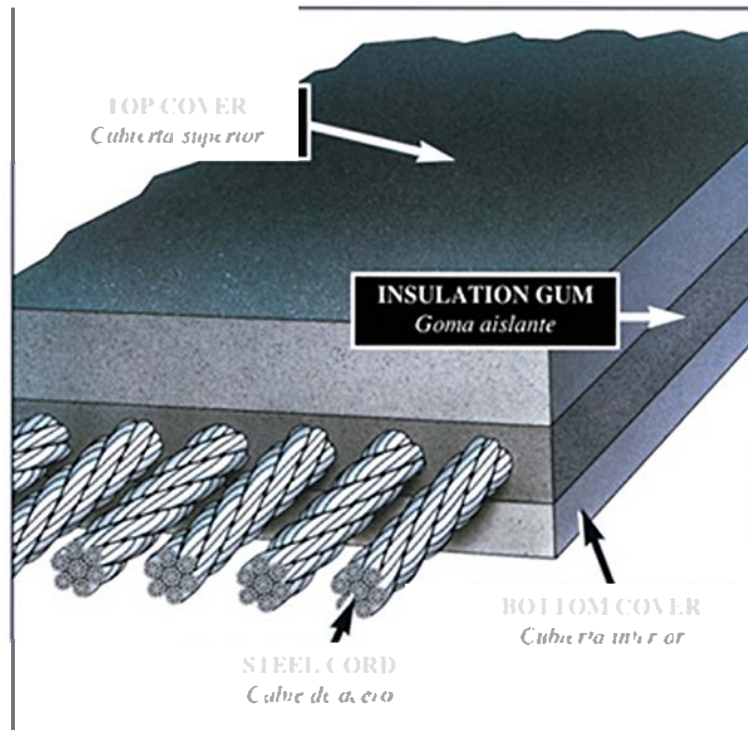
Goodyear designs and selects its cord construction to provide the best specification for a particular application. The cords, made up of many wire filaments, are constructed to provide high flexibility, low elongation, and to permit efficient and high strength splice designs. The galvanized zinc coating produces a bonding agent between the cord and insulation gum and provides an important barrier against corrosion.

### INSULATION GUM (CORE RUBBER)

Extensive rubber compounding technology has enabled Goodyear to develop a superior insulation gum bonding rubber, which penetrates and adheres to the steel cords, resulting in excellent adhesions, corrosion resistance and splice efficiencies.

### OUTER RUBBER COVERS

The advanced compounds in Goodyear's top and bottom covers are designed to protect the steel cord strength member against the abusive environmental conditions prevalent in most conveying applications. Compounds are available to withstand abrasion, jagged cutting and gouging, high impact, sub-zero temperatures, moderate heat, hardening effects of ozone attack and fire propagation. Special service compounds are available for unique applications, such as the tar sands in Canada, which require a compound that withstands both low temperatures and oil.



The three elements of a Flexsteel conveyor belt :  
Top and bottom covers, insulation gum, and steel cords.

Los tres elementos de una banda transportadora Flexsteel: las cubiertas superior e inferior, la goma aislante y los cables de acero.

## UN PRODUCTO SUPERIOR TÉCNICAMENTE

Durante más de 50 años, generaciones de ingenieros de Goodyear han participado en el diseño y la aplicación de bandas transportadoras reforzadas con acero. Esta experiencia acumulada se traduce en una de las más novedosas tecnologías, por la cual se obtiene un producto de diseño superior y un desempeño óptimo para nuestros clientes.

Las bandas transportadoras Flexsteel están hechas con tres componentes básicos, cada uno de los cuales es fundamental para el desempeño de la banda, a saber:

### CABLE DE ACERO GALVANIZADO CON CINC

Goodyear diseña y selecciona el cable que usa para la construcción con lo cual proporciona la mejor especificación para cada aplicación dada. Los cables, elaborados de múltiples filamentos de alambre, se construyen de manera que ofrecen una muy gran flexibilidad, estiramiento bajo y diseños de empalme de alta resistencia y gran eficiencia. El revestimiento de galvanizado de cinc ofrece un agente de enlace entre el

cable y la goma aislante al tiempo que constituye una importante barrera contra la corrosión.

### ALMA DE CAUCHO DE GOMA AISLANTE

La muy amplia experiencia de Goodyear en la tecnología de composición del caucho nos ha permitido desarrollar un caucho de enlace de goma aislante de calidad superior que penetra y se adhiere a los cables de acero, dando por resultado excelente capacidad de adhesión, resistencia a la corrosión y eficiencia en el empalme.

### CUBIERTAS EXTERIORES DE CAUCHO

Los componentes de tecnología avanzada en las cubiertas superior e inferior de Goodyear están diseñados para proteger al miembro del cable de acero que le da a la banda su resistencia contra severas condiciones ambientales que se dan en la mayoría de las aplicaciones de transporte. Se dispone de componentes con resistencia especial contra la abrasión, las cortaduras irregulares, y los desgarramientos profundos, los altos impactos, las temperaturas bajo cero, el calor moderado, los efectos endurecedores del ozono y la propagación del fuego. Se dispone de componentes para servicios especiales que se usan en aplicaciones únicas tales como las arenas alquitranadas del Canadá que requieren de un componente que proteja tanto contra las bajas temperaturas como contra el aceite.



**The Goodyear Technical Center — Akron, Ohio**

Goodyear's research and development team is focused on the creation of innovative rubber compounds and belt constructions, which will provide long-term durability, even as conveyor system tonnage requirements continue to increase.

*El Centro Técnico de Goodyear en Akron, Ohio, EE.UU.*

*El equipo de investigación y desarrollo de Goodyear se concentra en la creación de innovadores componentes de caucho y diseños de bandas, que seguirán proporcionando durabilidad a largo plazo, incluso a la luz de los constantes aumentos en los requisitos de tonelaje que exigen los sistemas de transporte.*

**GOODYEAR R&D: A COMMITMENT TO QUALITY AND INNOVATION**

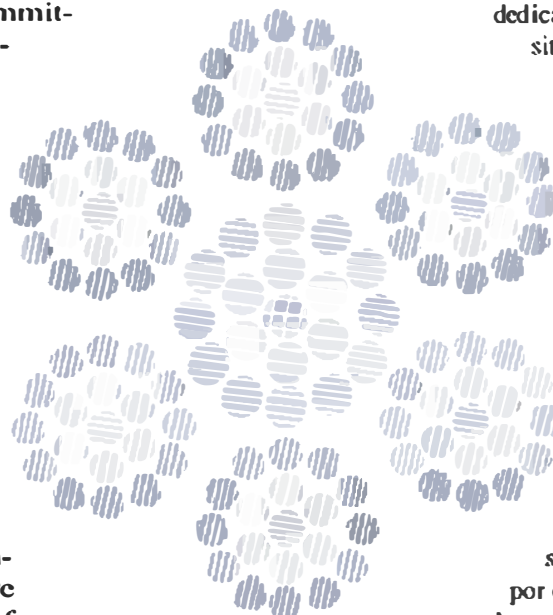
Great emphasis is placed on steel-to-rubber compatibility, cord construction, rubber compounding and splice design. This emphasis ensures Goodyear's customer-driven commitment to providing a quality product with long-term reliability.

Finite Element Modeling (FEM) analysis is used to provide optimum splice designs in extreme high tension conveyor systems.

Our goal is to provide incremental improvement, which provides better value to you, our customer. Goodyear compounds, cord designs and composite structure are each dynamically tested to simulate actual service conditions in order to provide a more accurate measure of true belt performance.

**LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN GOODYEAR: DEDICACIÓN A LA CALIDAD Y A LAS INNOVACIONES**

Se hace hincapié en la compatibilidad entre el acero y el caucho, en la construcción del cable, de componentes de caucho y en el diseño de empalmes. Gracias a este esfuerzo, la dedicación de Goodyear, producto de los requisitos de su clientela, asegura que se proporcione un producto de calidad y confiable a largo plazo.



Se recurre al análisis de Modelaje de Elementos Finitos (MEF) para proporcionar diseños de empalme óptimos para sistemas de transporte que trabajan a tensiones muy altas.

Nuestra meta consiste en ofrecer mejoras incrementales, brindándole así a usted, nuestro cliente, un mayor valor. En Goodyear, los componentes, los diseños del cable y la estructura total se someten a pruebas dinámicas que tienen por objeto simular las condiciones de servicio reales con miras a rendir una medición más precisa del desempeño real de la banda.

## **GOODYEAR HAS THE COVER COMPOUND BEST SUITED TO YOUR DEMANDING CONVEYOR SYSTEM**

### **STACKER**

Stacker is Goodyear's premium RMA Grade I compound designed for superior resistance to cutting, gouging and abrasion. Stacker covers are ideal for conveying hard rock ores, granite, flint rock, trap rock and other types of sharp, abrasive materials.

### **PREMARC**

Premarc is a premium abrasion-resistant compound that provides substantially better service life in abrasive applications when compared with Grade II compounds. At the same time, it offers excellent cut and gouge resistance.

### **STYLE B**

Style B is a RMA Grade II rubber compound designed to provide excellent abrasion resistance and flex life. Style B covers are recommended for conveying slag, limestone, cement rock, taconite pellets, crushed rock, coal and other materials where abrasion is present.

### **STYLE B LOW TEMP**

Style B Low Temperature is a RMA Grade II compound designed to provide excellent abrasion resistance at temperatures down to -40° F (-40° C).

### **STYLE B HOT MATERIAL**

Style B Hot Material is a heat-resistant compound with excellent abrasion resistance. It will withstand temperatures up to 250° F (125° C) for lumpy materials and 200° F (95° C) for baking loads.

### **MSHA/SBR**

MSHA/SBR is specially compounded to be used where flame-resistant belting is required. MSHA/SBR carries the Mine Safety and Health Administration Designation 28-3.

### **MSHA LOW TEMP**

MSHA Low Temperature is a flame-resistant compound designed for temperatures down to -35° F (-37° C). MSHA Low Temp carries the Mine Safety and Health Administration Designation 28-3.

### **LTORS**

Low Temperature Oil Resistance Service Compound (LTORS) will withstand temperatures down to -50° F (-45° C) and is recommended for applications where both oil resistance and low temperature flexibility must be combined.

## **GOODYEAR TIENE EL COMPONENTE DE CUBIERTA QUE MEJOR SE PRESTA PARA SU EXIGENTE SISTEMA DE BANDA TRANSPORTADORA.**

### **STACKER**

Stacker es el componente RMA de Grado I óptimo de Goodyear. Ha sido diseñado para rendir una resistencia superior contra las rajaduras, los desgarramientos profundos y la abrasión. Las cubiertas elaboradas de Stacker son ideales para acarrear minerales de piedra dura, granito, pedernal, piedra dislocada y otros tipos de materiales abrasivos y filosos.

### **PREMARC**

Premarc es un componente óptimo resistente a la abrasión que ofrece una vida útil sustancialmente mejor en aplicaciones abrasivas cuando se le compara con los componentes de Grado II. Al mismo tiempo, ofrece una excelente resistencia contra las cortaduras y los desgarramientos profundos.

### **STYLE B**

Style B es un componente de caucho RMA de Grado II diseñado para proporcionar características excelentes de flexibilidad y resistencia contra la abrasión. Las cubiertas elaboradas con Style B se recomiendan para transportar escoria, piedra caliza, roca calcárea, bolillas de taconita, piedra triturada, carbón y otros materiales que producen abrasión.

### **STYLE B LOW TEMP**

Style B de baja temperatura es un componente RMA de Grado II diseñado para proveer una excelente resistencia contra la abrasión a temperaturas de hasta -40°C (-40°F).

### **STYLE B HOT MATERIAL**

Style B para materiales calientes es un componente de resistencia térmica con excelente resistencia contra la abrasión. Style B Hot Material resiste temperaturas de hasta 125°C (250°F) cuando se usa con materiales apelmazados y de hasta 95°C (200°F) para cargas de homeado.

### **MSHA/SBR**

MSHA/SBR está especialmente compuesto para usarse en aplicaciones en las cuales se requieren bandas piroresistentes y autoextinguibles. MSHA/SBR cuenta con la designación 28-3 de la Secretaría Estadounidense de Seguridad y Salud en Minas.

### **MSHA LOW TEMP**

MSHA de baja temperatura es un componente piroresistente diseñado para aplicaciones en temperaturas de hasta -37°C (-35°F). MSHA cuenta con la designación 28-3 de la Secretaría Estadounidense de Seguridad y Salud en Minas.

### **LTORS**

El componente LTORS (para servicio con resistencia contra el aceite a baja temperatura) resiste temperaturas de hasta -45°C (-50°F) y se recomienda para aplicaciones en las cuales se deben combinar tanto la resistencia contra el aceite como la flexibilidad ante temperaturas bajas.

## SENSOR GUARD® ELECTRONIC BELT PROTECTION SYSTEM: PROTECTING YOUR STEEL CORD INVESTMENT

Even with a quality belt, a soundly engineered system and an effective preventative maintenance program, any conveyor system can suffer belt rips. As conveyors get longer, 2,000 HP and higher drives become more common, generating tensions in the hundreds-of-thousands-of-pounds range (450+ KN range). Even the most advanced belt constructions are designed to withstand ripping forces totalling only 1/10 the force generated in actual service.

Due to the potentially tremendous destructive forces involved, it becomes impossible to prevent a belt from ripping. Therefore, in the early 1970s, Goodyear engineers developed Sensor Guard®, an electronic belt protection system that limits belt rip. Today, Goodyear's Sensor Guard system stands alone as the most proven and reliable rip detection system in the world, with installations on every continent except Antarctica. In coal, copper, iron ore and other applications, Sensor Guard has proven itself by reducing downtime costs, replacement costs and lost production.

## SENSOR GUARD® SISTEMAS ELECTRÓNICOS PARA LA PROTECCIÓN DE SUS BANDAS: PARA DEFENDER SU INVERSIÓN EN BANDAS TRANSPORTADORAS CON CABLE DE ACERO

Aún cuando se cuenta con una banda de calidad, un sistema bien diseñado y un programa efectivo de mantenimiento preventivo, cualquier sistema de banda transportadora puede sufrir rasgaduras o desgarres. En la medida en que se van alargando las bandas transportadoras, se ven con más frecuencia los motores de 2000 HP y mayores aún. Estos generan tensiones que alcanzan la gama de 450+ KN (centenares de millares de libras de tensión). Incluso las bandas de construcción más avanzada están diseñadas para soportar fuerzas de desgarre que en total alcanzan tan sólo una décima parte de la fuerza generada en el servicio mismo.

Debido a las fuerzas que se aplican, las cuales pueden ser altamente destructivas, es imposible impedir que una banda se rasgue. Por consiguiente, a principios de los años 70, los ingenieros de Goodyear desarrollaron Sensor Guard®, un sistema electrónico para la protección de bandas que limita el nivel de las rasgaduras. Hoy día, el sistema Sensor Guard de Goodyear se distingue como el sistema de detección de rasgaduras más confiable y más comprobado del mundo entero. Sus instalaciones se hallan en todos los continentes del globo terrestre salvo la Antártida. En aplicaciones de carbón, cobre, mineral de hierro y otros productos, Sensor Guard ha demostrado su eficacia en términos de reducir los costos de fuera de servicio, de reemplazo y de producción perdida.



### HIBBING TACONITE

Catastrophic Flexsteel belt loss was averted twice on Hibbing Taconite's primary crushed ore belts located on the Mesabi iron ore range in Minnesota. Sensor Guard shut the system down when foreign objects penetrated the belting on two different occasions.

### HIBBING TACONITE

*En dos ocasiones se evitaron pérdidas catastróficas de bandas Flexsteel para mineral triturado de Hibbing Taconite ubicadas en el campo de mineral de hierro de Mesabi, en el estado de Minnesota, EE.UU. Sensor Guard detuvo el sistema cuando objetos extraños habían penetrado las bandas en dos ocasiones diferentes.*



### PITTSTON COAL

Workmen at the McClure #1 coal mine in Virginia examine a sandstone fragment that wedged into the mine's 4400 ft. (1341M) Flexsteel belt. Sensor Guard shut the belt down as soon as the rip was detected and saved 95% of the belt.

### PITTSTON COAL

*Obreros en la mina de carbón MacClure No. 1 en el estado de Virginia, EE.UU., examinan un fragmento de piedra arenisca que se empotró en la banda Flexsteel de 1341 metros (4400 pies) de la mina. Sensor Guard detuvo la banda en cuanto detectó el desgarre y salvó el 95% de la banda.*



### PHELPS DODGE

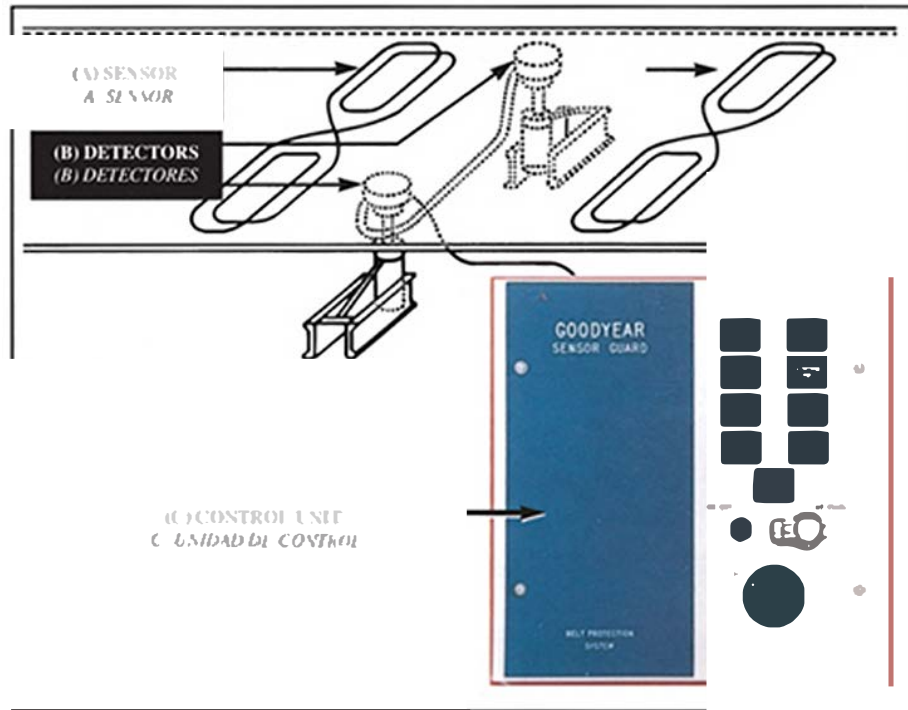
This Flexsteel ST4700 belt at Phelps Dodge copper mine was ripped by a piece of steel chute lining. Sensor Guard stopped the conveyor, limiting belt loss to only 250 ft. (75m).

### PHELPS DODGE

*Esta banda Flexsteel ST4700 en la mina de cobre de Phelps Dodge fue desgarrada por un trozo del revestimiento de la tolva de acero. Sensor Guard detuvo la banda transportadora, limitando así la pérdida a tan sólo un tramo de 76 metros (250 pies).*

## HOW SENSOR GUARD HELPS PREVENT MAJOR BELT DAMAGE

Closed circuit sensor loops (A) are embedded in the belt. As the belt moves, these sensor loops pass over electromagnetic detectors (B), which generate output pulses. If the belt begins to rip, a sensor loop is also cut. As this cut sensor loop passes over a detector, no detector pulse is generated. This lack of a pulse is recognized by the control unit (C) and the belt is automatically shut down before further damage can occur. Similarly, when excessive belt slippage or lateral movement occur, failure of a sensor loop to pass over a detector within a prescribed time interval will cause an automatic belt shutdown.



## CÓMO PERMITE SENSOR GUARD EVITAR QUE OCURRAN DAÑOS COSTOSOS EN LAS BANDAS.

Incorporada dentro de la banda viene una serie de antenas sensoras (A) en circuito cerrado. A medida que la banda va avanzando, estas antenas sensoras pasan encima de detectores electromagnéticos (B) que generan pulsaciones de salida. Si se comienza a desgarrar la banda, también se cortará una antena sensora. Cuando la antena sensora cortada pasa encima de un detector, éste no generará la pulsación esperada. La unidad de control (C) inmediatamente reconoce la falta de pulsación y detiene la banda automáticamente.

antes de que ésta pueda sufrir más daños. De manera semejante, cuando una antena sensora no pasa encima de un detector dentro de un intervalo de tiempo prescrito debido a que la banda está patinando excesivamente o se ha desplazado lateralmente, la unidad de control hará que la banda se detenga automáticamente.



### CONTROL BOX

All system status indicators and operational controls are clearly defined on the front panel of Sensor Guard's control unit.

### UNIDAD DE CONTROL

Todos los indicadores de la condición del sistema y los controles de operación están claramente definidos en el panel delantero de la unidad de control de Sensor Guard.



### DETECTORS

Sensor Guard detector heads (impervious to water, oil and dirt) are positioned to monitor sensor loops as they pass by.

### DETECTORES

La manera como los cabezales sensores de los detectores (a prueba de agua, aceite y suciedad) están dispuestos, les permite vigilar las antenas sensoras a medida que éstos van pasando.

## WORLDWIDE ENGINEERING SUPPORT

Goodyear Flexsteel conveyor belting is supported by a Worldwide Engineering Group specializing in application engineering, splice design, splice supervision and electronics. Members of this group operate from the U.S., Canada, Australia, Brazil and Mexico, and can help you custom design the right belt specification for your unique conveyor requirement. These individuals possess extensive application engineering experience to ensure belt-to-conveyor system compatibility for the highest level of performance. Portable computers and computer work stations are utilized by Goodyear to assist in your conveyor system design needs. Goodyear Worldwide Engineering Group members also commission every Sensor Guard system installed — anywhere in the world.

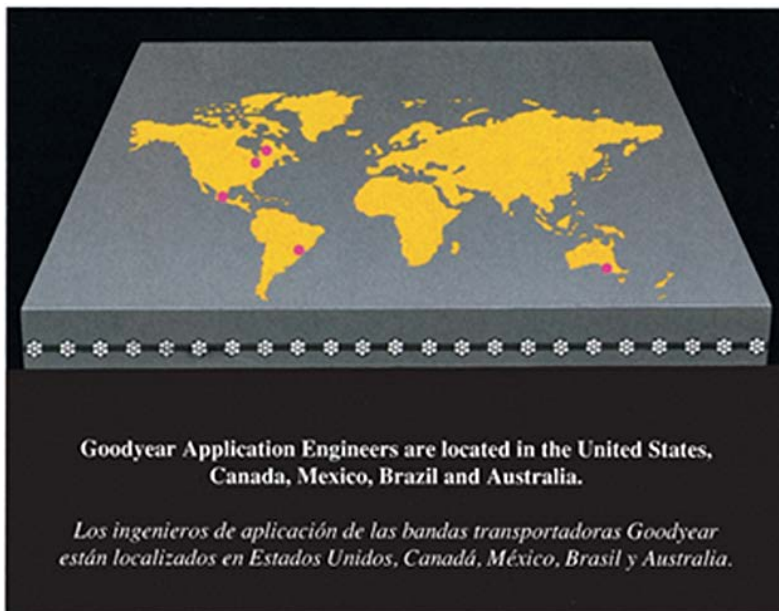
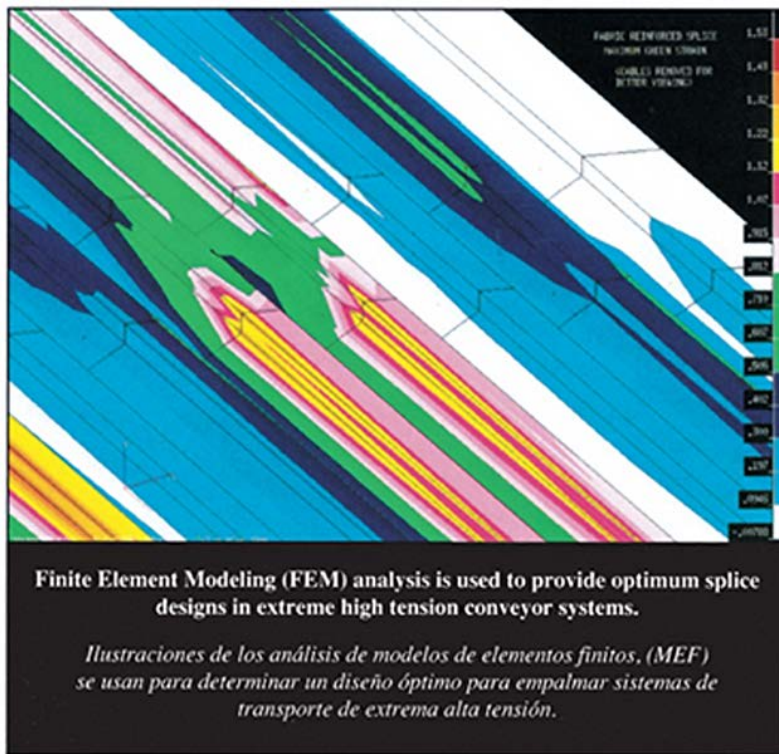
Proper Flexsteel splice design and installation are extremely important for a reliable and long-lasting conveyor system. Along with utilization of computer simulation techniques for splice analysis and design. Goodyear maintains field splice technicians to support our large network of Goodyear approved splicing specialists.

## APOYO DE INGENIERÍA A NIVEL MUNDIAL

Las bandas transportadoras Flexsteel de Goodyear cuentan con el apoyo del Grupo de Ingeniería Mundial que se especializa en la ingeniería de aplicaciones, diseño de empalmes, supervisión de empalmes y controles electrónicos. Los integrantes de este grupo funcionan desde Estados Unidos, Canadá, Australia, Brasil y México, y colaborarán con usted en el diseño de las especificaciones de la banda que mejor se ajuste a sus propios requisitos de transporte. La amplísima experiencia de estas personas en el diseño de aplicaciones asegura la compatibilidad del sistema de banda a banda, y permite que se obtenga el desempeño más alto. Goodyear se vale tanto de computadoras portátiles como de sistemas de informática fijos de gran potencia para asesorarle en el diseño de su sistema de banda transportadora. Además, los integrantes del Grupo de Ingeniería Mundial comisionan todos y cada uno de los sistemas Sensor Guard instalados, dondequiera que se encuentren en el mundo.

El diseño y la instalación correctos de los empalmes de Flexsteel son factores que revisten importancia crucial para todo sistema transportador fiable y de larga vida. Además de emplear técnicas de simulación computarizadas para el análisis y diseño de los empalmes. Goodyear mantiene técnicos de servicio especializados en empalmes, quienes

prestan apoyo a nuestra vasta red de personal especializado aprobado por Goodyear.





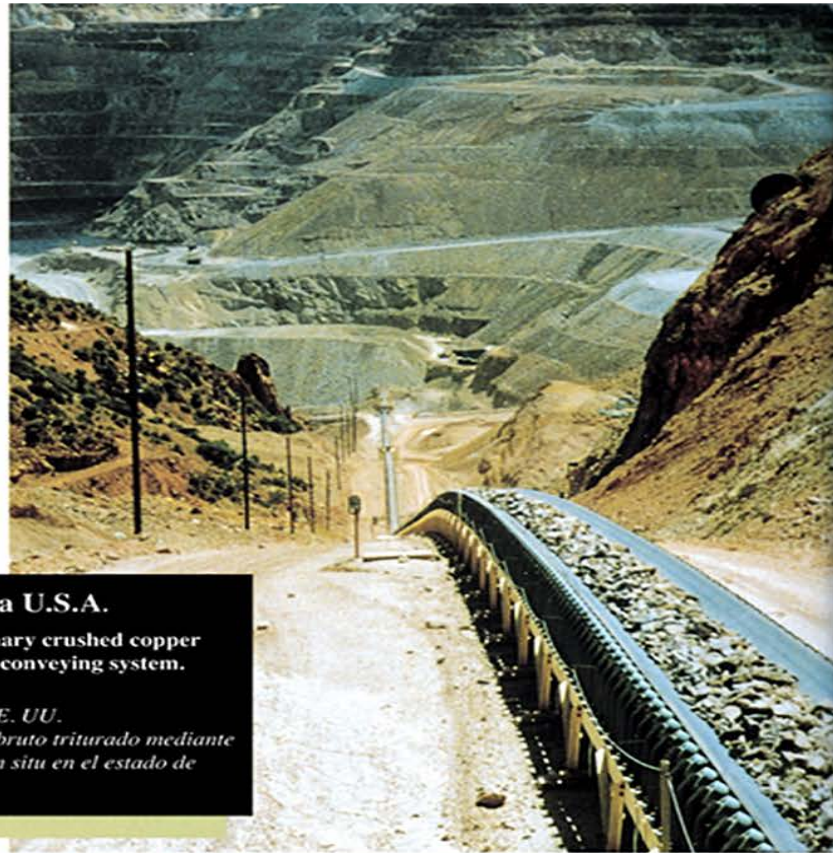
## A COMMITMENT TO TOTAL CUSTOMER SATISFACTION

As manufacturers plan for the future, only those committed to a policy of total customer satisfaction will prevail in our global economy.

Goodyear is constantly striving to improve its products and services in an effort to maximize the level of performance provided to our customers. Goodyear's Flexsteel® steel cord conveyor belt line exemplifies our commitment.

Ever since Goodyear introduced the world's first steel reinforced belt to the material handling industry in 1942, we have remained the world leader in conveyor belt sales. More than 10 million feet (3.3 million meters) of Goodyear-branded steel cord reinforced belting have been shipped from five production plants on four continents. Our Flexsteel line has evolved over the past five decades to exceed our customers' demanding requirements.

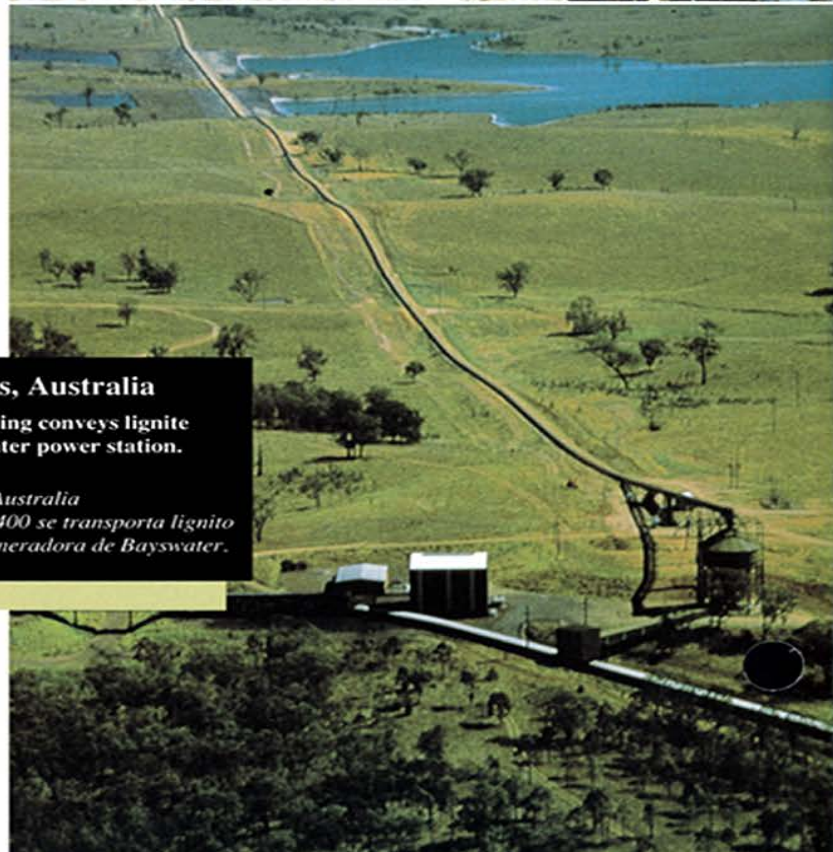
Today, our Worldwide Engineering Group continues to design the Flexsteel specifications that will provide the lowest cost per ton of material conveyed for each customer's unique system. Whatever the job, rely on Goodyear to engineer a Flexsteel specification that will move your material reliably and economically.



### Phelps Dodge - Arizona U.S.A.

This Flexsteel ST5800 belt carries primary crushed copper over this Arizona in-pit crushing and conveying system.

*Phelps Dodge - Arizona, EE. UU.  
Esta banda Flexsteel ST5800 acarrea cobre bruto triturado mediante este sistema de transporte y trituración in situ en el estado de Arizona, EE.UU.*



### Drayton, New South Wales, Australia

10,600 meters of Flexsteel ST1400 belting conveys lignite from the Drayton mine to the Bayswater power station.

*Drayton, New South Wales, Australia  
Sobre 10,600 metros de banda Flexsteel ST1400 se transporta lignito desde la mina de Drayton hasta la planta generadora de Bayswater.*

## QUALITY IS THE KEY TO CUSTOMER SATISFACTION

Many companies talk about quality, but the term takes on a whole new meaning when applied to Goodyear Engineered Products' Manufacturing Facilities.

As practiced by Goodyear, quality isn't a "buzz word" or a vague concept. It's a mission. A mission defined by a concept called Total Quality Culture. A worldwide commitment that encompasses every single aspect of our business. And customer satisfaction is foremost among its guiding principles.

Whether it's Day One or Year Ten, we never forget for a moment that you have selected a Goodyear conveyor belt because it is a quality product, you expect it to deliver what we've promised, and that your operation depends on its performance. The point is, it's not just your material riding on that Goodyear conveyor belt — it's also our reputation!

## LA CALIDAD ES LA CLAVE PARA LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Son muchas las empresas que hablan acerca de la calidad, pero este concepto adquiere un significado totalmente nuevo cuando se aplica a las instalaciones fabriles de los productos diseñados por Goodyear.

Conforme la practica Goodyear, la calidad no es un término técnico que está de moda ni una noción oscura. Para nosotros se trata de una misión. Una misión definida por un concepto llama-

do Cultura de calidad total. Una dedicación a nivel mundial que abarca todos y cada uno de los aspectos de nuestra empresa. Y la satisfacción del cliente ocupa un lugar preponderante entre los principios que nos orientan.

Bien se trate del primer día, o al cabo de diez años, nosotros no olvidamos, ni por un instante, que usted ha seleccionado una banda transportadora Goodyear porque es un producto de calidad y porque usted espera que nosotros cumplamos con lo que hemos prometido. Sabemos que sus operaciones dependen del funcionamiento correcto de nuestro producto. La cuestión se resume así: en esa banda transportadora Goodyear, no solamente va su material... ;también va de por medio nuestra reputación!

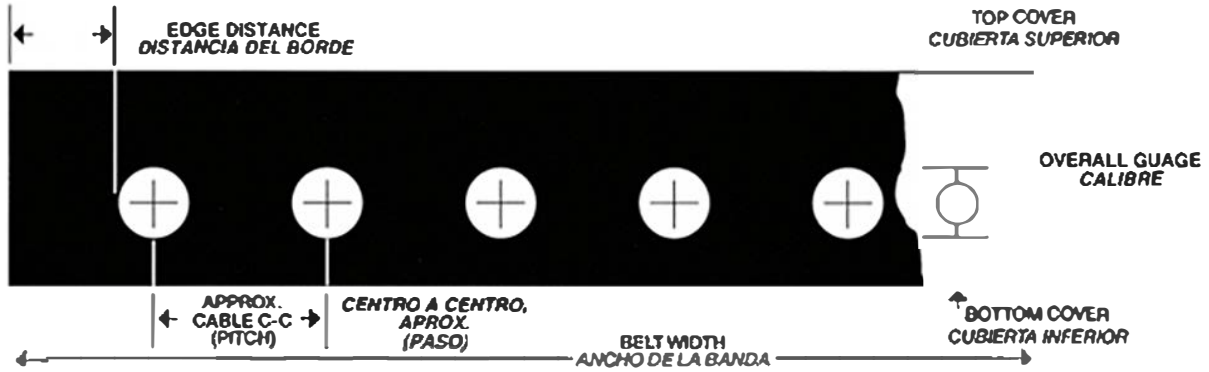


More than 4,700 feet (1,432 meters) of Goodyear conveyor belting is protected by the company's Sensor Guard belt protection system while it carries coal overland at the Mingo Logan Coal Co. near Wharncliffe, W. Va.

*Más de 1,432 metros (4,700 pies) de banda transportadora Goodyear están protegidos por el sistema de protección Sensor Guard, mientras acarrea carbón por tierra en la Mingo Logan Coal Company cerca de Wharncliffe, en Virginia Occidental.*

## FLEXSTEEL BELT CONSTRUCTION

### DATOS ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN DE BANDAS FLEXSTEEL



## FLEXSTEEL STANDARD SPECIFICATIONS (Imperial/Metric)

### ESPECIFICACIONES ESTANDAR DE FLEXSTEEL (Imperial/Métrico)

Belt Designation Designación de la banda	Minimum Ultimate Tension Tensión mínima		Operating Tension Tensión de operación		Cable Diameter (nominal) Diámetro del cable (nominal)		Cable Pitch (approximate) Paso entre los cables (aproximado)		Belt Modulus Módulo de la banda	
	PIW	KN/M	PIW	KN/M	inches/ pulgadas	mm/ milímetros	inches/ pulgadas	mm/ milímetros	PIW	KN/M
Flexsteel ST800	4568	800	685	120	0.142	3.8	0.688	17.5	329000	58000
Flexsteel ST1000	5710	1000	858	150	0.142	3.8	0.547	13.9	411000	72000
Flexsteel ST1250	7138	1250	1070	187	0.205	5.2	0.855	21.7	514000	90000
Flexsteel ST1600	9136	1800	1370	240	0.205	5.2	0.666	16.9	657000	115000
Flexsteel ST2000	11420	2000	1712	300	0.205	5.2	0.533	13.5	822000	144000
Flexsteel ST2500	14275	2500	2140	375	0.205	5.2	0.450	11.4	1030000	180000
Flexsteel ST3150	17987	3150	2697	472	0.315	8.0	0.768	19.5	1290000	227000
Flexsteel ST3500	19985	3500	2996	525	0.315	8.0	0.890	17.5	1440000	252000
Flexsteel ST4000	22840	4000	3424	600	0.362	9.2	0.792	20.1	1640000	288000
Flexsteel ST4500	25895	4500	3852	675	0.394	10.0	0.805	20.4	1850000	324000
Flexsteel ST5000	28550	5000	4280	750	0.433	11.0	1.098	27.9	2050000	360000
Flexsteel ST5400	30835	5400	4623	810	0.433	11.0	1.023	26.0	2220000	389000

- Tension ratings are available in addition to those shown above.
- Other cable diameters may be substituted according to individual requirements.
- Operating tensions are based on a 6.67:1 safety factor.
- Cable pitch based on 48" (1220mm) wide belts.

- Además de lo indicado arriba, se dispone también de otras capacidades de tensión.
- Se pueden intercambiar cables de otros diámetros, según se requiera.
- Los valores de tensión de operación, se basan en un factor de seguridad de 6.67 a 1.
- El montaje del cable está basado en bandas de 48" (1200mm) de ancho.

## FLEXSTEEL BELT THICKNESS (Imperial/Metric)

### ESPOSOR DE LAS BANDAS FLEXSTEEL (Imperial/Métrico)

Belt Designation Tipo de banda	PIW	600-1000	1001-2250	2251-3200	3201-3700	3701-4200	4201-4623
	KN/M	ST701-ST1168	ST1169-ST2028	ST2029-ST3738	ST3739-ST4322	ST4323-ST4906	ST4907-ST5400
Cable Diameter Diámetro del cable	inches	0.142	0.205	0.315	0.362	0.394	0.433
	mm.	3.8	5.2	8.0	9.2	10.0	11.0

APPROXIMATE BELT THICKNESS = CABLE DIAMETER + COVER GAUGES

ESPOSOR APROXIMADO DE LA BANDA = DIÁMETRO DE LOS CABLES + CALIBRE DE LAS CUBIERTAS

## FLEXSTEEL BELT WEIGHT (Imperial/metric) PESO DE LAS BANDAS FLEXSTEEL (Imperial/Métrico)

Belt Designation Tipo de banda	PIW KN/M	S1		S2		S3		S4		S5		S6	
		ST1000	ST1100	ST1169	ST1225	ST1280	ST1335	ST1390	ST1445	ST1500	ST1555	ST1610	ST1665
Carcass Weight (lb/ft) Peso estructural		1.5	1.6	2.2	2.4	2.7	3.0	4.2	4.4	5.0	5.5	6.4	6.7
Carcass Weight (kg/m) Peso estructural		7.3	7.8	10.7	11.7	13.2	14.6	20.5	21.5	24.4	26.9	31.2	32.7

Cover Compound Componente de la cubierta	Stacker	Promarc	Style B	Style B - LT	Style B - Hot	MSHA/SBR	MSHA - LT	LTORS
Cover Weight per 1/32" (lb/ft) Peso de la cubierta por 1/32"	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.19
Cover Weight per 1 mm (kg/m) Peso de la cubierta por 1 milímetro	1.13	1.17	1.17	1.17	1.17	1.25	1.25	1.17

APPROXIMATE BELT WEIGHT=CARCASS WEIGHT+COVER WEIGHT

- Minimum pulley cover requirements 5/32" (4mm).
- Minimum pulley cover requirements for belts with Sensor Guard® 3/16" (5mm).
- LT designates Low Temperature compound.

PESO APROXIMADO DE LA BANDA = PESO ESTRUCTURAL + PESO DE LA CUBIERTA

- Requerimiento de cobertura mínima de la polea 5/32"(4mm).
- LT designa a un componente de baja temperatura.

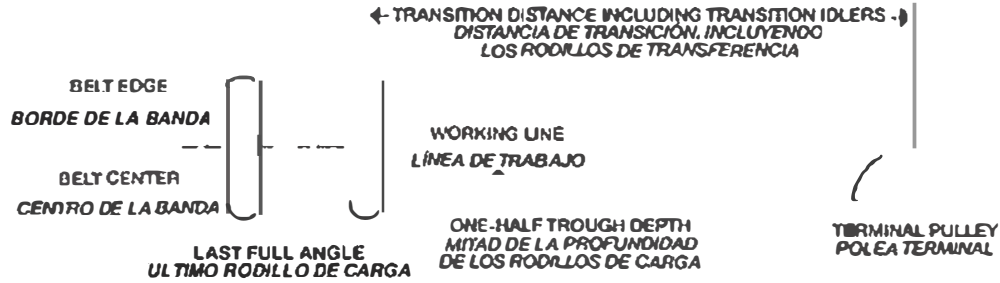
## FLEXSTEEL MINIMUM RECOMMENDED PULLEY DIAMETERS (Imperial/metric) FLEXSTEEL: DIÁMETROS MÍNIMOS RECOMENDADOS PARA LAS POLEAS (Imperial/Métrico)

Belt Designation Tipo de banda		Minimum Recommended Pulley Diameters (Percent of Rated Tension) Diámetros mínimos recomendados para las poleas (porcentaje de la capacidad de tensión)			
PIW	KN/M	75-100%	50-75%	<50%	Snubs
600-1000	ST1701-ST1166	30" (762 mm)	24" (610 mm)	18" (457 mm)	16" (406 mm)
1001-2250	ST1169-ST2628	42" (1067 mm)	36" (914 mm)	24" (610 mm)	20" (508 mm)
2251-3200	ST2629-ST3738	54" (1372 mm)	42" (1067 mm)	36" (914 mm)	30" (762 mm)
3201-3700	ST3739-ST4322	60" (1524 mm)	48" (1219 mm)	42" (1067 mm)	36" (914 mm)
3701-4200	ST4323-ST4906	68" (1676 mm)	54" (1372 mm)	48" (1219 mm)	42" (1067 mm)
4201-4623	ST4907-ST5400	72" (1829 mm)	60" (1524 mm)	54" (1372 mm)	48" (1219 mm)

- Snubs are defined as having 6" or less belt contact and tension less than 50% of belt rating.
- Pulley sizes for Flexsteel belts are determined by face pressure on the pulley and/or the pulley-to-cable diameter ratio.
- All pulleys must be flat as crowned pulleys will cause excessive center tension in the high modulus steel cable product.
- Contact Goodyear for belt tension ratings higher than 4623 PIW (ST5400 KN/M).

- Por definición, la polea de contacto debe hacer un contacto de 152 mm (6 pulgadas) o menos con la banda y una tensión de menos del 50% de la capacidad plena de la banda.
- Las dimensiones de las poleas para las bandas Flexsteel se determinan en base a la presión en la cara de la polea y/o la relación entre la polea y el diámetro del cable.
- Todas las poleas deben ser planas ya que en los diseños de cable de acero de módulo alto, las poleas abombadas producirán un exceso de tensión en el centro.
- Para tensiones mayores de 4623 PIW (ST5400 KN/M), consulte primero con Goodyear.

## RECOMMENDED TRANSITION DISTANCES DISTANCIAS DE TRANSICIÓN MÍNIMA RECOMENDADAS

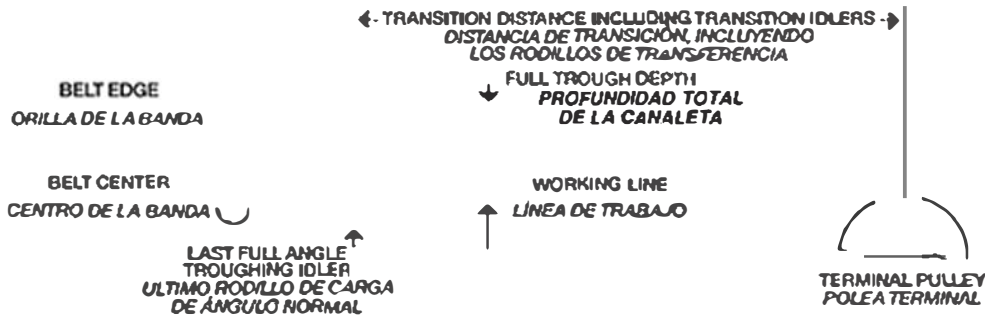


Minimum Transition Distance		
Idler (deg.)	Percent of Rated Tension	Steel Transition Length W = Belt Width
20	More than 90	2.0W
	60 to 90	1.6W
	Less than 60	1.0W
35	More than 90	3.4W
	60 to 90	2.6W
	Less than 60	1.8W
45	More than 90	4.0W
	60 to 90	3.2W
	Less than 60	2.2W

MINIMUM TRANSITION DISTANCE WITH TERMINAL PULLEY AT APPROXIMATELY ONE-HALF TROUGH DEPTH FOR STEEL CABLE BELTS (RECOMMENDED TERMINAL PULLEY POSITION: WHEREVER POSSIBLE.)

DISTANCIA DE TRANSICIÓN MÍNIMA CON LA POLEA TERMINAL APROXIMADAMENTE A LA MITAD DE LA PROFUNDIDAD PARA BANDAS DE CABLES DE ACERO.  
(POSICIÓN RECOMENDADA DE LA POLEA TERMINAL SIEMPRE QUE SEA POSIBLE)

Distancia Mínima de Transición		
Rodillo de carga (grados)	Porcentaje de la Capacidad de Tensión	Cable de acero Longitud de Transición W = Ancho de la Banda
20	Mayor que 90	2.0W
	60 a 90	1.6W
	Menor que 60	1.0W
35	Mayor que 90	3.4W
	60 a 90	2.6W
	Menor que 60	1.8W
45	Mayor que 90	4.0W
	60 a 90	3.2W
	Menor que 60	2.2W



Minimum Transition Distance		
Idler (deg.)	Percent of Rated Tension	Steel Transition Length W = Belt Width
20	More than 90	4.0W
	60 to 90	3.2W
	Less than 60	2.8W
35	More than 90	6.8W
	60 to 90	5.2W
	Less than 60	3.6W
45	More than 90	8.0W
	60 to 90	6.4W
	Less than 60	4.4W

MINIMUM TRANSITION DISTANCE WITH TERMINAL PULLEY AT FULL TROUGH DEPTH (ALTERNATE) Used occasionally where belt tension is low, lumps are large, and belt speed is high to minimize impact forces at the discharge pulley.

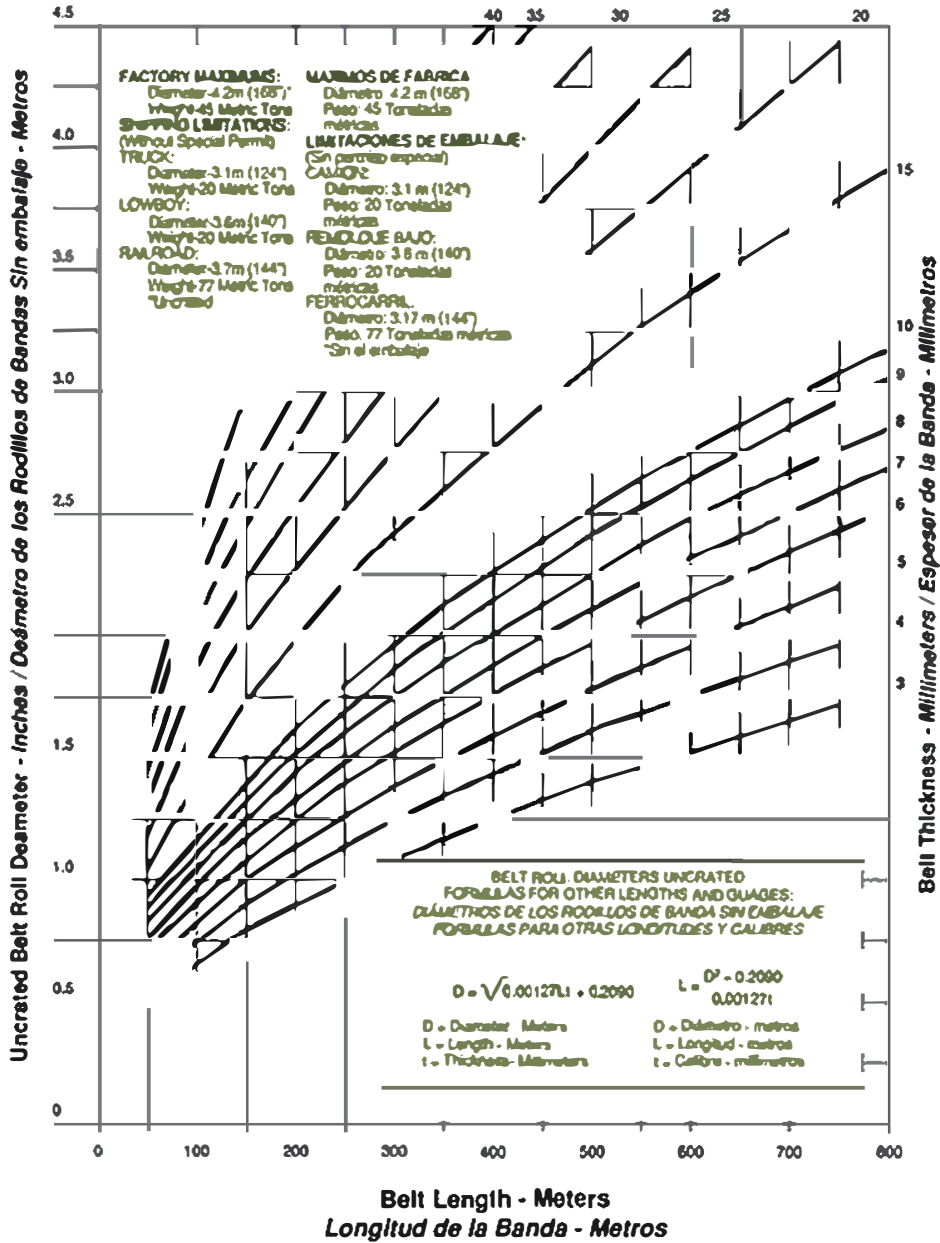
DISTANCIA DE TRANSICIÓN MÍNIMA CON LA POLEA TERMINAL A LA PROFUNDIDAD TOTAL DE LOS RODILLO (USO ALTERNATIVO)  
Ocasionalmente usado cuando la tensión de la banda es baja, los terrones son grandes y la velocidad de la banda es alto para minimizar las fuerzas de impacto en la polea de descarga.

Distancia Mínima de Transición		
Rodillo de carga (grados)	Porcentaje de la Capacidad de Tensión	Longitud del cable de acero W = Ancho de la Banda
20	Más de 90	4.0W
	de 60 a 90	3.2W
	Menos de 60	2.8W
35	Más de 90	6.8W
	de 60 a 90	5.2W
	Menos de 60	3.6W
45	Más de 90	8.0W
	de 60 a 90	6.4W
	Menos de 60	4.4W

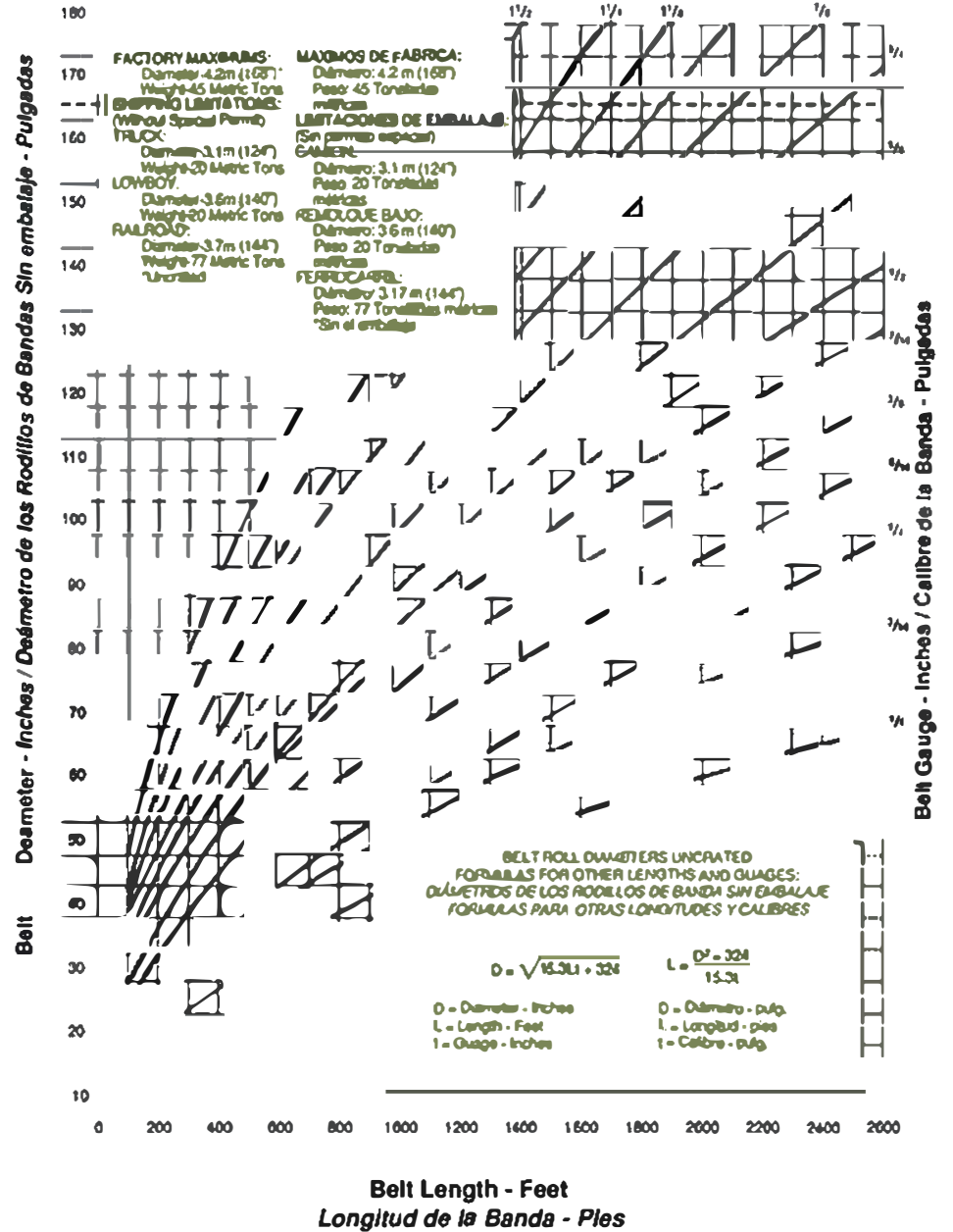
# FLEXSTEEL BELT ROLL DIAMETERS

## DIÁMETROS DE LOS RODILLOS DE BANDAS FLEXSTEEL

**Metric Belt Roll Diameters**  
Diámetros de los rodillos de banda en unidades métricas



**Imperial Belt Roll Diameters**  
Diámetros de los rodillos de banda en unidades imperiales



North American Sales Offices

Bowmanville, Ontario 905-623-2606  
Cincinnati, OH 513-563-5811  
Dallas, TX 972-335-1767  
Edmonton, Alberta 780-460-4053  
Marysville, OH 937-644-8985  
Mexico City, Mexico 525-361-2946  
Minneapolis, MN 651-739-8205  
Montreal, Quebec 514-856-4404  
San Clemente, CA 949-498-8951  
Toronto, Ontario 416-201-4300



TECHNOLOGY  
IN MOTION

"Bringing Quality, Dependability, and Value  
to Material Handling Systems Worldwide"

International Offices

Australia, Bayswater 61-3-9721-0600  
Australia, Sydney 61-2-9768-6023  
Brazil, Sao Paulo 55-11-6618-7430  
Chile, Santiago 56-2-530-1339  
Singapore 65-6838-4795  
South Africa, Johannesburg 27-11-248-9300  
South Africa, Port Elizabeth 27-41-994-6429

**GOODYEAR**  
ENGINEERED PRODUCTS

For more information, e-mail us at [conveyorbelt@Goodyear.com](mailto:conveyorbelt@Goodyear.com)  
or visit our website at [goodyearcvb.com](http://goodyearcvb.com).



# Manual de Trituración y Cribado





## Prefacio

*La roca es el recurso natural más usado en el mundo. Los dos tipos principales de áridos naturales son 1) la roca triturada y 2) la arena y grava. Como uno de los principales ingredientes del asfalto y del hormigón, estos áridos se usan en la construcción de autopistas y puentes, así como en la construcción de edificios residenciales y no residenciales. La amplia utilización de los áridos no se debe solamente a su disponibilidad general, sino también a consideraciones económicas.*

*Los costes de agregados no constituyen directamente un factor de mayor importancia en la mayoría de las aplicaciones, pero tienen un impacto fundamental en la utilización de componentes más caros tales como el cemento en hormigón y el betún en asfalto. Así, en el procesamiento de áridos es importante conocer los factores que tienen el mayor impacto en la calidad y los costes, lo que implica un conocimiento del proceso completo desde la roca hasta la aplicación final.*

*Metso Minerals publicó este manual para ayudar a todos aquellos que participan en el negocio de canteras. Aunque esté principalmente destinada a los gerentes de cantera, esperamos que la información contenida en el manual sea útil a todos los que desarrollan sus actividades en la industria de explotación de canteras o que estudian las materias relacionadas con esta actividad. Por supuesto, el manual también se destina a los interesados en minería, principalmente en lo que a la trituración y cribado se refiere, y para aquellos que deseen un mayor enfoque en minería está disponible el Manual de procesamiento de minerales publicado por Metso.*

*Esta es una versión actualizada y más alargada de la primera edición del Manual de Trituración y Cribado publicado por Metso hace algunos años. Los principales cambios consisten en un mayor enfoque en las cuestiones que tienen influencia y mejoran las operaciones de explotación de canteras, o sea las aplicaciones, procesos, selección de equipos, y las cuestiones relacionadas con la productividad y la calidad que se presentan en la producción de agregados.*

*En Metso Minerals esperamos que este manual pueda contribuir a un mejor conocimiento de las operaciones de explotación de canteras ayudándonos a todos hacia negocios más rentables. Han sido muchos los que han dado su valiosa contribución a este Manual y a quienes deseo expresar mis sinceros agradecimientos.*



Jarmo Eloranta (editor jefe)

Vicepresidente, Investigación



Capítulo	Tema / nombre de la sección
	Metso Minerals - Trituración y Cribado en general
1	Proceso de cantera + integración y optimización del proceso (IOP)
2	Alimentadores
3	Equipos de trituración
3	Trituradora de mandíbulas Serie C
3	Trituradoras giratorias Nordberg Superior® MK-II
3	Trituradoras de cono Nordberg Serie GP
3	Trituradoras de cono Nordberg Serie MP®
3	Trituradoras de cono HP
3	Trituradoras de impactos
3	Trituradoras de impactos de eje vertical – Barmac VSI
4	Cribado
4	Cribado en húmedo
5	Otros equipos de proceso en húmedo
5	Transportadores
6	Planificación y ejemplos de procesos
6	Simulación del proceso
7	Sistemas completos
8	Equipos móviles
8	Plantas Lokotrack para canteras
8	Equipos adicionales para plantas Lokotrack
8	Plantas Lokotrack para contratistas
8	Cribas móviles
8	Ejemplos de procesos móviles
8	Plantas portátiles
9	Automatización y componentes eléctricos
9	Automatización de trituradoras
10	Piezas de desgaste - Trituradoras
11	Servicio de atención al cliente
12	Estándares e información técnica
13	Mineralogía y ensayos

<b>Editor jefe</b>	<b>Jarmo Eloranta</b>		
<b>Producción</b>	<b>Eero Hämäläinen</b>		
Traducción	Carlos Carvalho/ Verbica Oy		
Lay-out	Tarja Salonen		
Contenido	<i>Dwayne Barlow</i>	<i>Kari Kokkonen</i>	<i>Tero Onnela</i>
	<i>Jerome Bernigaud</i>	<i>Claes Larsson</i>	<i>Denis Pradon</i>
	<i>Arnaud Bertucat</i>	<i>Tommi Lehtonen</i>	<i>Saku Pursio</i>
	<i>Alain Broussaud</i>	<i>Tuomas Lehtonen</i>	<i>Ilkka Somero</i>
	<i>Jarmo Eloranta</i>	<i>Jouni Mahonen</i>	<i>Scot Szalanski</i>
	<i>Stacy Goldsworthy</i>	<i>Mika Makinen</i>	<i>Ilpo Teittinen</i>
	<i>Jouni Hulttinen</i>	<i>Jorma Mannonen</i>	<i>Timo Timperi</i>
	<i>Eero Hämäläinen</i>	<i>Timo Nakari</i>	<i>Keijo Viilo</i>
	<i>Jorma Kempas</i>	<i>Sven-Henrik Norman</i>	<i>Adrian Wood</i>



## Metso Minerals en pocas palabras

Hoy en día, para conseguir éxito en las operaciones de explotación de canteras, arena y grava, Vd. necesita de un socio que le suministre competitividad, además de los equipos, una fuente completa con los conocimientos globales, los recursos financieros, las tecnologías innovadoras y los sistemas, así como el personal y la presencia local a escala mundial, para asegurar que sus operaciones sean rentables. Metso Minerals es la única organización en el mundo con todos los recursos necesarios para poder ofrecer una gestión eficiente del procesamiento de áridos.

Los cerca de 10.000 empleados que trabajan en nuestras instalaciones y unidades de servicio en más de 100 países en todos los continentes, no sólo le suministran equipos de fama mundial, sino también un servicio extenso y soluciones completas diseñadas para incrementar su fiabilidad operacional. Es decir, hacemos todo para ayudarle a asegurar su éxito.

### Su proveedor fiable

Metso Minerals es el proveedor favorito en la industria de proceso de rocas y minerales. Nuestra prioridad principal y compromiso personal es proveer apoyo técnico y servicio a lo largo de la vida de sus operaciones de proceso de áridos.

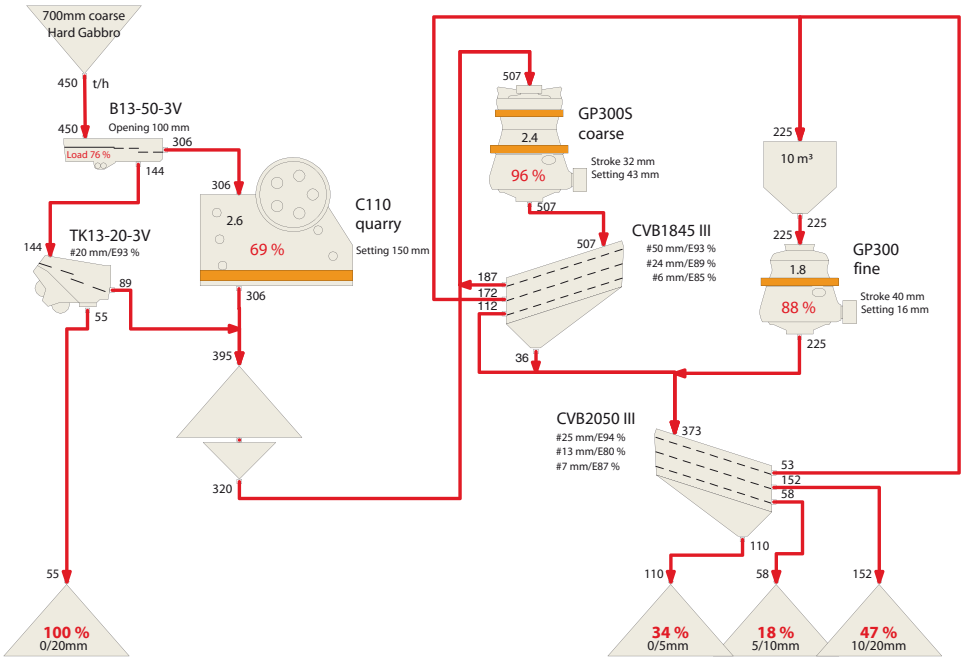
Sea que necesite una trituradora individual, un proceso de etapas múltiples o una planta completa, podemos ayudarle con el diseño adecuado para el proceso de trituración más eficiente. Somos líderes mundiales en el suministro de máquinas individuales y de sistemas completos de proceso de áridos.

### Soluciones completas de proceso

Su sistema operativo puede abarcar una serie completa de procesos, tales como, trituración y cribado, transporte, clasificación, lavado y pretratamiento, apilado, almacenaje, carga y descarga, automatización, control ambiental y protección contra el desgaste.

Con nuestra vasta experiencia y sofisticadas herramientas de proyecto, nuestros ingenieros aplican los equipos apropiados para garantizar unos productos finales de alta calidad que usted requiere, con el coste más bajo posible por tonelada. También proveemos la preparación del emplazamiento, diseño estructural, suministro e instalación de plantas.

Al diseñar una nueva planta, evaluamos las características del material así como la capacidad de producción requerida, y el tamaño y la forma del producto final. Tras la selección cuidadosa de cada equipo su proceso tendrá las características idóneas para lograr niveles óptimos de calidad, productividad y fiabilidad.


**Tecnología para la simulación de procesos**

El programa de simulación de procesos "Bruno" ya es un sistema estándar en la industria de trituración. Para simular las capacidades de producción y curvas granulométricas, se introducen los datos sobre la calidad de la roca, el tamaño del material de alimentación y el tipo de máquinas seleccionadas. Para más información, póngase en contacto con [minerals.bruno@metso.com](mailto:minerals.bruno@metso.com).

**Plantas completas, fijas o móviles**

Además de ofrecer instalaciones fijas completas, Metso Minerals es pionera en la fabricación de plantas móviles para aplicaciones en canteras o minas. La integración de dos o tres plantas móviles de trituración combinadas con un sistema móvil de cribado y transporte, resulta en mayor eficiencia y producto final de mejor calidad.



Nosotros tenemos la experiencia y la capacidad necesarias para establecer una flota de plantas de trituración y cribado montadas sobre orugas para trituración primaria, secundaria y terciaria, en conformidad con las necesidades de su aplicación. Las unidades montadas sobre orugas se trasladan por sí mismas a lo largo del frente de la cantera, reemplazando el transporte en camiones basculantes, lo que representa una reducción sustancial en los costes de transporte. La planta completa puede ser transportada entre emplazamientos en remolques estándar. Esto es un ejemplo de como nuestro know-how de procesos le puede ofrecer las mejores soluciones para sus necesidades de trituración, cribado y transporte.

### **Una amplia gama de productos**

**Alimentadores** – Una amplia gama de alimentadores de gran resistencia diseñados para absorber el impacto, la carga de materiales y eliminación de finos.

**Trituradoras giratorias primarias** – Diseñadas para trituración primaria de alta capacidad en aplicaciones de roca dura.

**Trituradoras de mandíbulas** – Tenemos más trituradoras de mandíbulas instaladas que cualquier otro proveedor en el mundo entero. Es la trituradora preferida debido a su alta tasa de reducción del producto y diseño para servicio pesado.

**Trituradoras de cono** – Especialmente diseñadas para todas las aplicaciones de trituración primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Tecnología de alto rendimiento.

**Trituradoras de impactos** – Máquinas primarias y secundarias para materiales blandos y semiduros. Elevadas tasas de reducción. Pueden suprimir una etapa terciaria.

**Repuestos y piezas de desgaste** – Piezas genuinas siempre cerca de usted. ¡Esté donde esté!

**Trituradoras de impactos de eje vertical** – Transforman la roca en áridos de alta calidad, mejorando la forma y cubicidad del material. La trituración es roca contra roca.

**Cribas fijas** – Una amplia gama de soluciones de cribado completas para precibado, cribado en circuito cerrado, clasificación final y drenaje. Modelos de inclinación simple, doble, triple y modelos horizontales.

**Lavado de arena y grava** – Para producir materiales de roca de calidad especial para proyectos de construcción exigentes, tales como puentes.

**Automatización de unidades trituradoras** – Asegura una operación consistente y eficiente. Mejora la productividad y la calidad producida, reduciendo los costes de mantenimiento y evitando situaciones de sobrecarga.

**Transportadores fijos** – Una amplia gama de cintas transportadoras. Gran variedad de anchuras, longitudes, accesorios y opciones. Varios modelos incorporan bastidores armados que son simples, compactos y fáciles de desmontar, transportar e instalar.





**Plantas de trituración montadas sobre orugas** – Plantas de trituración totalmente móviles y maniobrables, equipadas con trituradoras de mandíbulas, conos o impactos, con o sin cribas, con circuito abierto o cerrado y transportadores de descarga. Fáciles de transportar en remolques estándar.

**Plantas de trituración portátiles** – Muy fáciles de transportar, instalación rápida y alta capacidad de trituración. Pueden llevar trituradoras de mandíbulas, conos o impactos, con o sin cribas, con circuito abierto o cerrado, y transportadores de descarga.

**Cribas móviles** – Unidades montadas sobre orugas para excelente movilidad y alto rendimiento en la obra. Idóneas para una amplia gama de aplicaciones. También cribas móviles montadas sobre ruedas, que incorporan transportadores y se desplazan sobre carretera sin necesidad de permisos especiales.

**Transportadores móviles** – Los transportadores móviles son el eslabón entre una unidad móvil de trituración primaria Lokotrack y las etapas posteriores del proceso. Pueden acompañar a la unidad de trituración primaria en su traslado por la cantera, sustituyendo el transporte convencional costoso en camiones.

**Sistema para automatización de plantas** – Para monitorizar y controlar la trituración, cribado, apilado y transporte en tiempo real. Para mantener la capacidad máxima de producción, ajustando todos los parámetros de proceso en línea.

**Repuestos y piezas de desgaste originales** – La utilización de piezas de desgaste originales de Metso Minerals es la clave para el éxito de una operación de trituración. La ingeniería de nuestras piezas de desgaste certificadas empieza con simulaciones CAD de la cavidad, que es el corazón del sistema de trituración. A través del proyecto asistido por computador y del continuo control de la calidad de la fundición, podemos garantizar material de calidad superior, lo que significa una mayor durabilidad de las piezas de desgaste, capacidad operacional más elevada y fiabilidad.

**Productos de apoyo al cliente** – Basándose en la amplia experiencia adquirida en la construcción de equipos y en la ingeniería de procesos de trituración, Metso Minerals ha desarrollado una gama de servicios especializados destinada a mejorar la fiabilidad y la productividad de las operaciones de sus clientes. La organización de servicios y apoyo técnico a clientes está disponible en el mundo entero para añadir valor a través de soluciones específicas. El éxito y la satisfacción de los clientes son las piedras angulares de los servicios de Metso.





### **Denominaciones y marcas registradas**

*Las denominaciones y marcas registradas de Metso Minerals incluyen: A.C. Hoyle, Allis Chalmers, Allis Mineral Systems, Altairac, Ambassador, Armstrong Holland, Babbittless, Barmac, Bergeaud, Big Bite, Boliden Allis, Cable Belt, Citycrusher, Citytrack, Combi-Screen, Conrad Scholtz, Denver, Dominion, Dragon, Dravo Wellman, Ellivar, Faço, Flexowell, G-Cone, GfA, Goodwin Barsby, Grizzly King, Gyradisc, Hewitt-Robins, Hummer, Kennedy Van Saun (KVS), Kue-Ken, Laser, Lennings, Lindemann, Lokolink, Lokomo, Lokotrack, Loro & Parisini, Ludlow Saylor, Marcy, Masterskreen, McCully, McDowell Wellman, McKiernan Terry (MKT), McNally, McNally Wellman, Meade Morrison, Morgårdshammar, Neyrtec, Nordberg, Nordpactor, Nordwheeler, Omnibelt, Omnicone, Omnimatic, Orion, Pyrotherm, Reed, Sala, Scanmec, Screen-All, Seco, Senator, Simplicity (bombas de lodos), Skega, Stansteel, Stephens-Adamson, Strachan & Henshaw, Superior, Supersteel, Supralok, Svedala, Symons, Thomas, Tidco, Trellex, Waterflush, W.S. Tyler, Yernaux. Esta enumeración es meramente indicativa, dado que la lista completa incluye muchos otros nombres y marcas tradicionalmente conocidas.*

### **Cifras de Metso Minerals**

Metso Minerals es un proveedor global de soluciones, equipos y servicios para el procesamiento de rocas y minerales. Su pericia abarca la producción de áridos, el procesamiento de minerales industriales, así como la construcción civil y reciclado de metales y residuos.

Con su oficina principal en Helsinki, Finlandia, Metso Minerals tiene ventas netas anuales de más de 2,6 mil millones de euros (2007), 35 talleres de producción y 135 unidades de ventas y servicios en 45 países, una presencia local en más de 100 países y más de 10.000 empleados en todo el mundo.

Metso es una empresa global de ingeniería y tecnología con ventas netas de cerca de 6 mil millones de euros en 2007. Sus cerca de 27.000 empleados en aproximadamente 50 países atienden a clientes en las industrias de celulosa y papel, procesamiento de rocas y minerales, energía y otras industrias seleccionadas.





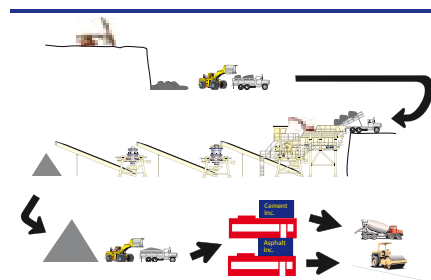
## El proceso de cantera y su desarrollo

Las principales actividades en la explotación de canteras son:

- Perforación
- Voladura
- Manipulación de bloques
- Trituración y cribado
- Carga del material
- Transporte

Los procesos de explotación de canteras pueden ser fijos o móviles, como se ilustra en la Figura 1.

### Cantera fija



### Canteras móviles

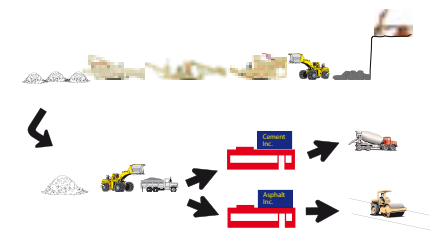
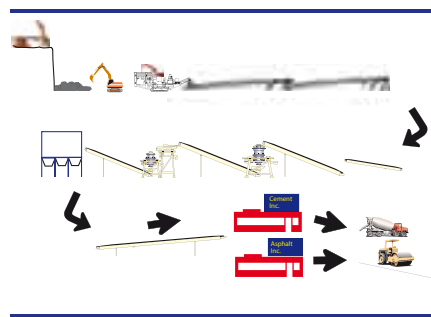
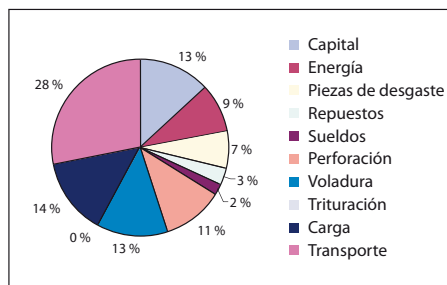


Figura 1: Tipos de cantera

Estos son los factores determinantes de los costes de explotación, y como tal, la comprensión de estos costes, cómo actuar directamente sobre ellos y cómo se impactan mutuamente, es la llave para el éxito de las operaciones de explotación de canteras.

Es importante tener una comprensión básica de este proceso, ya que es el “mundo” en que viven y hacen negocios aquellos que trabajan en el sector de canteras. Para tener una buena visión general, vale la pena dar una mirada a la estructura típica de los costes de las operaciones de explotación de canteras. La Figura 2 muestra esos costes para dos casos: un caso fijo y otro en que la sección primaria es móvil = trituración dentro de la excavación, lo que, en muchos casos puede rendir importantes beneficios, puesto que se pueden reducir considerablemente los costes de transporte de material. Este asunto es tratado más adelante en la sección LT de este manual.

### Operación fija:



### Trituradora primaria móvil:

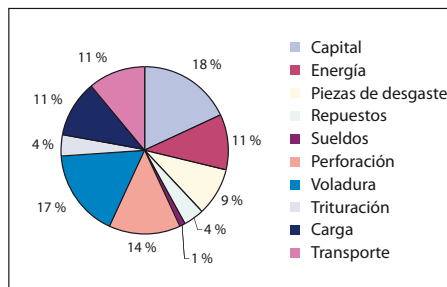


Figura 2: Ejemplos de la estructura de costes en la explotación de canteras

En la explotación de canteras es importante comprender que muchas actividades se impactan mutuamente, de modo que

Optimizado (voladura + trituración + cribado) = máx. (\$\$\$)

Y NO es

Opt. (voladura) + opt. (trituración) + opt. (cribado)

Esto implica un abordaje integrado. El proceso de voladura tiene que ajustarse a tipos de roca diferentes porque las rocas tienen propiedades distintas y el resultado será fragmentación diferente. Un abordaje integrado en su mejor nivel incluye los pasos indicados en la Figura 3.

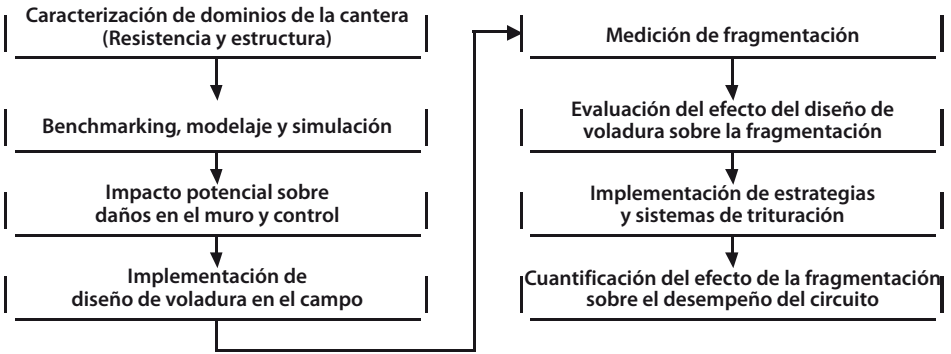


Figura 3: Metodología integrada en la explotación de canteras

La meta en el desarrollo de canteras es maximizar el rendimiento con respecto a los costes de producción según la Figura 4.

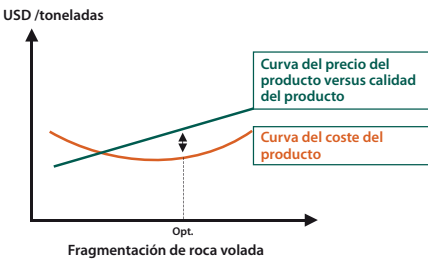


Figura 4: Meta en el desarrollo de canteras

La optimización de la explotación de canteras desde el punto de vista del rendimiento y coste del producto final puede ser muy complicada y se justificaría hacerlo en detalle en los casos donde el alcance de la operación es suficientemente grande. En la mayor parte de los casos es suficiente comprender los principios básicos sobre como la perforación y voladura, trituración, transporte, etc. se impactan mutuamente. Así, vamos dar una mirada sobre algunos aspectos de estos elementos clave en la explotación de canteras.

## Perforación y voladura

Las Figuras 5 y 6 muestran el impacto básico del diámetro del barreno sobre los costes y sobre algunos parámetros clave importantes para las etapas posteriores del proceso, así como para el rendimiento y calidad del producto final.

Figura 5: Costes vs. diámetro del barreno y tamaño del bloque

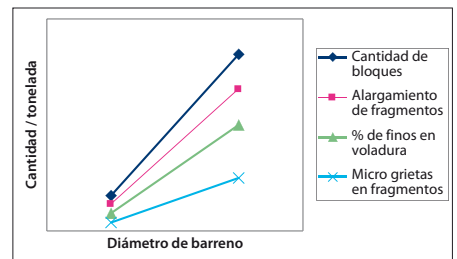
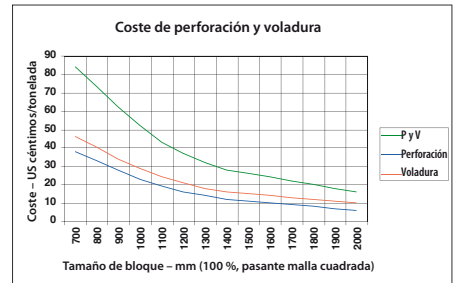
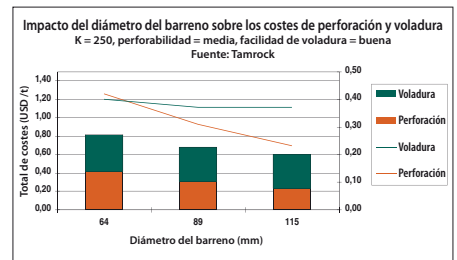


Figura 6: Impacto del diámetro de barreno sobre algunos parámetros importantes del proceso y calidad

## Trituración y cribado

Las trituradoras y cribas serán tratadas más adelante en este manual, pero debemos subrayar los siguientes factores:

- Manipulación de bloques sobredimensionados. Los bloques sobredimensionados nunca deberían entrar en el alimentador (Figura 7) ya que en muchos casos significaría falta de material y baja economía en etapas posteriores del proceso. La reducción del tamaño de los bloques debe hacerse fuera del proceso de trituración, preferiblemente cerca del frente de trabajo de la cantera.
- Importancia de la planificación del proceso: Usando el mismo equipo la capacidad del proceso puede duplicar, pero a coste de la calidad.
- Selección de configuración fija o móvil.
- Selección del tipo correcto de trituradora y criba para la aplicación en cuestión.



Figura 7: No se permiten bloques sobredimensionados en el proceso de trituración.

## Carga y transporte

La carga y transporte constituyen uno de los mayores costes del proceso de canteras. Se podrían caracterizar por las cifras 8 y 9. En los gráficos a continuación el valor K50 indica el porcentaje de paso. Así, K50= 250 mm significa que el 50% de la distribución de la voladura pasa 250 mm. Las razones para el fuerte incremento de los costes con voladuras gruesas son:

- El material es más difícil de cargar porque
  - problemas de repiés son más probables
  - bloques más grandes
- El rango de equipos se cambia debido a ciclos más difíciles o más largos
- El equipo presenta
  - más desgaste
  - mayor necesidad de mantenimiento

Impacto de la distribución de voladura sobre los costes de carga

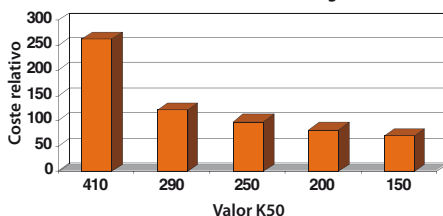


Figura 8: Influencia de la voladura en los costes de carga

Impacto de la distribución de voladura sobre los costes de transporte con camiones basculantes

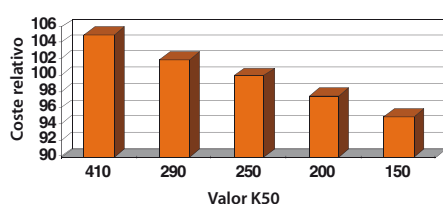


Figura 9: Influencia de la voladura en los costes de transporte

## Resumen de la explotación de canteras

La explotación de canteras se puede resumir como sigue:

- Hay fragmentación óptima de roca volada desde el punto de vista del coste del producto.
- La frecuencia de bloques sobredimensionados tiene un impacto significativo sobre la capacidad y el coste.
- Menor diámetro de barreno produce menos finos. En muchos casos esto se considera un desperdicio.
- El aporte del coste de trituración prácticamente no se altera con diferentes valores K50 cuando el método de trituración es el mismo. La selección óptima depende de:
  - Tipo de roca debido a abrasión
  - Factores específicos del caso tales como, vida útil de la cantera, posibilidades de inversión, etc.
- Optimización del proceso total de la cantera en vez de suboptimización de componentes individuales.
- Trituración dentro de la excavación puede resultar en importantes beneficios.

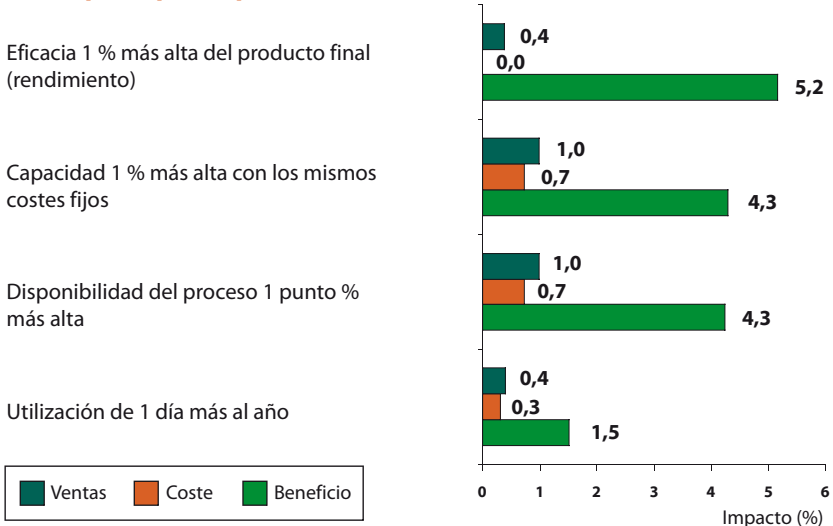
Finalmente, para refrescar la memoria, se puede presentar la Tabla 1.

Tabla 1: Impacto de dependencias

+ = incremento, - = reducción, 0 = impacto menor						
IMPACTO SOBRE	INCREMENTO DEL					
	Diámetro de barreno	Malla de perforación	Indice de perforabilidad	Tamaño de fragmentación de roca volada	Indice de voladura	Indice de trabajo
Costes de perforación	--	---	--	---	++	+
Costes de voladura	++	---	0	---	+++	+
<b>Costes totales de excavación</b>	--	---	-	---	++	+
Costes de martilleo	+	+++	0	+++	++	+
Costes de carga	0	+++	0	+++	0	0
Costes de transporte acarreo	0	0	0	0	0	0
Costes de trituración	-	++	0	++	+	+
Cantidad de finos	++	--	+	--	++	+
Número de bloques	+	+++	0	+++	+	0
Cantidad de micro grietas	++	--	0	--	++	+
Tamaño de la trituradora primaria	+	++	0	++	+	0
Cantidad de escalpes	++	--	+	--	++	+
Cubicidad de los fragmentos de roca volada	--	++	+	++	--	-
<b>COSTES TOTALES</b>	-	+	-	+	++	+

## El impacto de un mayor volumen de producción sobre los beneficios es mucho mayor...

### Elementos principales que afectan la rentabilidad



Metso Minerals ofrece una amplia gama de alimentadores para aplicaciones en secciones primarias, recuperación y alimentación de cantidad controlada para tratamiento de material a granel en el proceso de minerales y la industria de áridos.

La amplia variedad de tipos y modelos ofrecidos permite seleccionar el mejor alimentador para cada caso específico. La tabla a continuación presenta las características principales y rango de aplicaciones de los alimentadores.



## CARACTERISTICAS GENERALES (Para tcph multiplicar por 1.1)

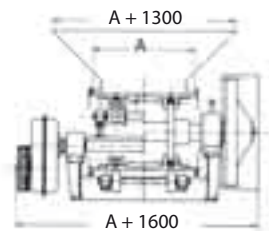
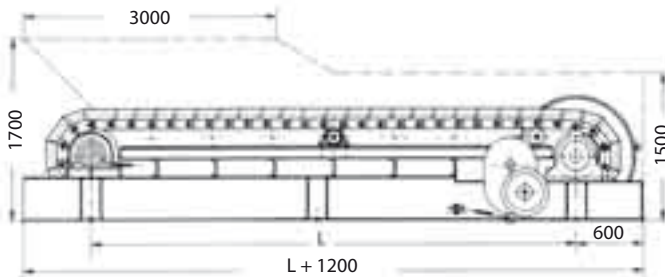
Máquina	Alimentador de placas	Alimentador vibratorio
<b>Rango de capacidad</b>	Hasta 10.000 t/h	Hasta 2.000 t/h
<b>Tamaño máx. del material</b>	Hasta 50% de la anchura de la cadena	Hasta 80% de la anchura de la mesa
<b>Aplicaciones principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicio pesado</li> <li>- Alimentación primaria</li> <li>- Recuperación de grandes volúmenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servicio pesado</li> <li>- Alimentación de trituradoras primarias</li> <li>- Recuperación donde hay tamaños grandes</li> </ul>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta resistencia al impacto</li> <li>- Alta carga por unidad de área</li> <li>- Alta disponibilidad</li> <li>- Buen control de flujo</li> <li>- Habilidad para alzar el material</li> <li>- Longitud según las necesidades</li> <li>- Reducción de la altura de la planta</li> <li>- Buen tratamiento de materiales arcillosos con alto contenido de humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta seguridad de operación</li> <li>- Preseparación de finos</li> <li>- Mantenimiento fácil y reducido</li> <li>- Buen control de la alimentación</li> <li>- Bajo coste de adquisición</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto coste de adquisición</li> <li>- Sellado malo (acumula finos, requiriendo un transportador de cinta o cadena para mantener la limpieza)</li> <li>- No clasifica ni separa finos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de usar para alzar material</li> <li>- Resistencia limitada</li> <li>- Elevada potencia instalada</li> <li>- Menor capacidad con material arcilloso o con mayor contenido de humedad; puede volverse inoperable bajo ciertas condiciones</li> </ul>

## ALIMENTADORES DE PLACAS

Los alimentadores de placas han sido diseñados para todos los tipos de aplicaciones. Pueden ser usados con materiales secos, húmedos o pegajosos y operan en ambientes contaminados o corrosivos.

Los alimentadores de Metso Minerals están disponibles en una amplia gama de tamaños y satisfacen las necesidades de tratamiento de materiales en aplicaciones de alimentación y cantidad controlada en minería, canteras y operaciones industriales básicas.

Nuestros productos están basados en los muchos años de experiencia sólida que Metso Minerals tiene en el diseño y manufactura de equipos para procesamiento de minerales. Por ello, la empresa puede asegurar la elección correcta del modelo y tamaño de alimentador para prestación óptima con los costes mínimos de inversión y mantenimiento.



## CAPACIDAD DE ALIMENTACION

La capacidad de alimentación depende de la anchura del alimentador, altura de la capa de material, velocidad del transportador, tipo y tamaño del material, y factor de llenado.

$$Q = 60 B \cdot D \cdot \rho_s \cdot v \cdot \varphi$$

Donde

**Q** = capacidad de alimentación (t/h)

**B** = anchura de la tolva (m)

**D** = altura de la capa de material en el transportador (m)

**$\rho_s$**  = densidad aparente (t/m<sup>3</sup>)

**v** = velocidad del transportador (m/min)

**$\varphi$**  = factor de llenado

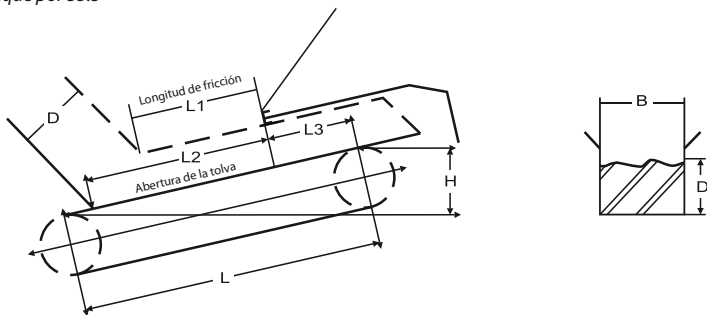
## CAPACIDAD DE ALIMENTACION

Velocidad de la cadena (m/min.)	Anchura de la cadena							
	750 mm		1000 mm		1200 mm		1500 mm	
	t/h*	m <sup>3</sup> /h	t/h*	m <sup>3</sup> /h	t/h*	m <sup>3</sup> /h	t/h*	m <sup>3</sup> /h
3	64	40	107	67	150	93	240	150
5	107	67	178	111	248	155	400	250
7	150	93	248	155	350	218	560	350
9	192	120	320	200	448	280	720	450
11	235	147	390	244	550	343	880	550

\* siempre considerando materiales con densidad aparente de 1,6 t/m<sup>3</sup>

Para TCPH multiplique por 1.1

Para ft<sup>3</sup> multiplique por 35.3



$$F_1 = 10 f \cdot (1.2 B^2 \cdot L_2 \cdot \rho_s + B \cdot D \cdot L_3 \cdot \rho_s + m)$$

$$F_2 = \frac{F_s \cdot L}{100}$$

$$F_3 = 9 B^2 \cdot L_1 \cdot \rho_s \cdot S_f$$

$$F_4 = 10 \rho_s \cdot B \cdot D \cdot H$$

Donde

**B, D, H, L, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>** = dimensiones (m)

**f** = coeficiente de fricción para los rodillos (0,1

2-3

## CALCULO DE POTENCIA

Las fuerzas que ofrecen resistencia al movimiento del transportador son:

$$F_t = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

Donde

**F<sub>t</sub>** = fuerza total (kgf)

**F<sub>1</sub>** = fuerza resultante de la fricción de rodillos

**F<sub>2</sub>** = fuerza resultante de la fricción del material con la tolva (kgf)

**F<sub>3</sub>** = fuerza resultante de la fricción entre material en movimiento y parado (kgf)

**F<sub>4</sub>** = fuerza resultante del material ascendente

para alimentadores con bandejas de acero al manganeso, 0,14 para otros alimentadores)

**$\gamma$**  = densidad aparente del material (t/m<sup>3</sup>)

**M** = peso de los elementos móviles (t)

**F<sub>s</sub>** = resistencia resultante de la fricción del material con la tolva por metro de alimentador (kg/m)

- véase tabla en la página 2 - 4

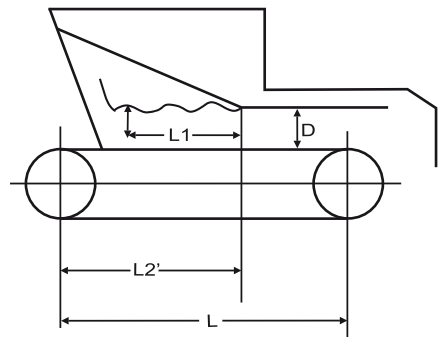




**Sf** = factor de cizallamiento, un factor de corrección – relacionado con el tipo de material, humedad, y tamaño máximo – que se usa para determinar con mayor exactitud la potencia requerida; para estimativas iniciales seguras use  $Sf = 1,0$

NOTA: Para materiales de grande dimensión, bloques y tolvas abiertas, considere  $L3 = 0$  y  $L1 = 1/3 L2'$ .

$L2'$  = longitud de la inclinación del material en la tolva de alimentación



### Valores $F_s$ (daN/m)

D (m)	$\rho_s$ (t/m <sup>3</sup> )			
	0,8	1,2	1,6	2,4
0,30	7,5	12,0	16,5	24,0
0,45	18,0	27,0	35,5	53,5
0,60	32,5	49,0	65,5	98,0
0,75	50,5	76,0	101,0	152,0
0,90	71,0	107,0	143,0	214,0
1,00	98,0	147,0	196,0	294,0
1,20	128,0	192,0	256,0	383,0
1,40	165,0	248,0	330,0	495,0
1,50	198,0	297,0	397,0	595,0
1,80	287,0	431,0	575,0	862,0

Para pies multiplique por 3,28

La potencia requerida para superar todas estas fuerzas se calcula como sigue:

$$N = \frac{F_t \cdot v}{60 \eta} \text{ [kW]}$$

donde:

**N** = potencia requerida (cv)

**F<sub>t</sub>** = fuerza total (kN)

**v** = velocidad del transportador (m/min.)

**η** = rendimiento mecánico

## ALIMENTADORES VIBRATORIOS

### CAPACIDAD DE ALIMENTACION

La capacidad de alimentación de los alimentadores vibratorios se calcula como sigue:

$$Q = 3600 \times \phi 1 \times \phi 2 \times V \times L \times H \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Donde

$\phi 1$  = factor de tamaño

$\phi 1$  = 1 para arena

$\phi 1$  = 0,8 a 0,9 para piedra triturada hasta 6"

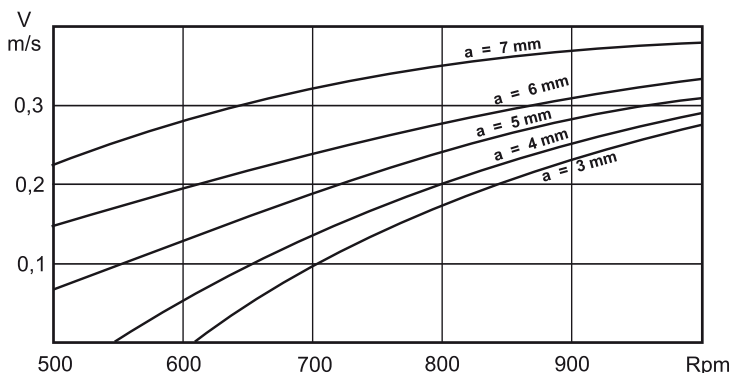
$\phi 1$  = 0,6 para tamaños superiores a 6"

$\phi 2$  = factor de humedad

$\phi 2$  = 1 para material seco

$\phi 2$  = 0,8 para material húmedo

$\phi 2$  = 0,6 para materiales arcillosos



Para pies/s multiplique por 3,28

Para pulgadas divida por 25,4

**L** = anchura de la mesa

**H** = Altura de la capa de material sobre la mesa, la cual depende del tipo de carga y del tamaño del material y que no puede exceder lo siguiente:

**H** ≤ 0,5 x **L** para piedras grandes

**H** ≤ 0,3 x **L** para piedra triturada de hasta 6"

**H** ≤ 0,2 x **L** para arena y piedras pequeñas

**V** = velocidad del flujo de material en la placa vibratoria según el gráfico arriba, en función de la rotación (rpm) y amplitud (mm)

En los alimentadores vibratorios de Metso Minerals, la amplitud 'a' puede ajustarse de 3 mm a 7 mm cambiando los pesos excéntricos. NOTA: La amplitud corresponde a la mitad del movimiento.

Para una mesa inclinada, la velocidad hacia abajo aumentará proporcionalmente como sigue:

$\alpha = 5^\circ \rightarrow$  multiplique por 1,3

$\alpha = 10^\circ \rightarrow$  multiplique por 1,6



**ALIMENTADORES VIBRATORIOS**

Estos alimentadores han sido concebidos para materiales de gran tamaño y son principalmente usados para alimentar trituradoras primarias.

Equipados con secciones de barras para pre-clasificación, también remueven los finos para desviar de la trituradora primaria.

Robustos y versátiles, tienen un precio de compra bajo en comparación con alimentadores de placas. Los alimentadores vibratorios están disponibles en varios tamaños, con capacidades de 25 a 1.500 t/h (15 – 1.000 m<sup>3</sup>/h)



Se pueden clasificar todas las trituradoras como perteneciendo a dos grupos principales:

- Trituradoras por compresión, que comprimen el material hasta que este se rompe.
- Trituradoras por impactos, las cuales usan el principio de impactos rápidos para triturar el material.

Las trituradoras de mandíbulas, cono, giratorias y de rodillos operan según el principio de compresión, mientras que las trituradoras de impactos y los molinos de martillos usan el principio de impacto.

## TRITURADORAS POR COMPRESION

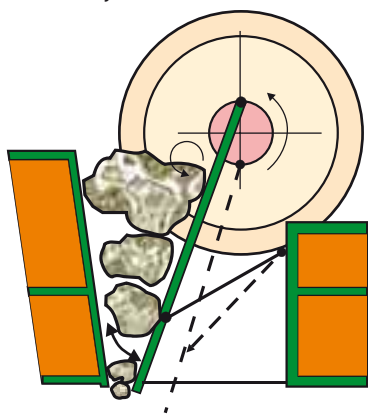
### Trituradoras de mandíbulas

Las trituradoras de mandíbulas se usan principalmente como trituradoras primarias. Su propósito principal es producir material que puede ser transportado en cintas transportadoras hacia las etapas posteriores de trituración.

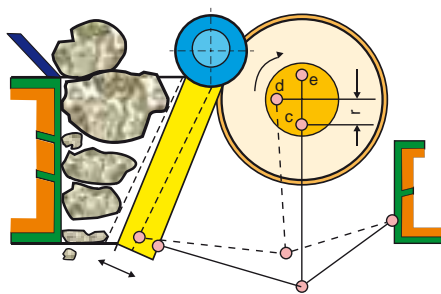
La trituración ocurre entre una mandíbula fija y una mandíbula móvil. Los forros de la mandíbula móvil están montados en una biela con movimiento oscilante y deben reemplazarse regularmente debido al desgaste.

Hay dos tipos básicos de de trituradoras de mandíbulas, las de un solo efecto y las de doble efecto.

En la trituradora de un solo efecto hay un eje excéntrico en la parte superior de la trituradora. La rotación del eje, junto con la placa basculante, produce una acción compresiva. Una trituradora de doble efecto tiene básicamente dos ejes y dos placas basculantes. El primer eje es un eje pivotante en la parte superior de la trituradora, mientras que el otro es un eje excéntrico que acciona las dos placas articuladas. La mandíbula móvil tiene un movimiento puro de vaivén hacia la mandíbula fija.



*Trituradora de efecto simple*



*Trituradora de efecto doble*

El movimiento de masticación que causa compresión tanto en la entrada como en la descarga de material, le da a la trituradora de simple efecto una mejor capacidad que la de las trituradoras de doble efecto de tamaño similar. La trituradora de mandíbulas es un equipo robusto y fiable, y por ello muy popular en plantas de trituración primaria.

## TRITURADORAS DE CONO Y GIRATORIAS

Tanto las trituradoras de cono como las giratorias tienen un eje oscilante. El material es triturado en una cavidad o cámara de trituración entre un elemento exterior fijo (forro de la taza) y un elemento interior móvil (manto) montado en el conjunto del eje oscilante.

Un eje excéntrico accionado por corona y piñón produce el movimiento oscilante del eje principal. La excentricidad hace que la cabeza del cono oscile entre las posiciones de apertura de descarga RLA (reglaje del lado abierto) y RLC (reglaje del lado cerrado). Además del reglaje RLC, la excentricidad es uno de los factores más importantes que determinan la capacidad de las trituradoras de cono y giratorias.

La fragmentación del material resulta de la compresión continuada que ocurre entre los forros alrededor de la cámara. Un efecto de trituración adicional ocurre entre las partículas comprimidas, resultando en un menor desgaste de los forros. Este efecto también es conocido como autotrituración de partículas.

Las trituradoras giratorias están equipadas con un sistema de ajuste hidráulico del reglaje que ajusta el RLC y así, afecta la granulometría del producto.

Se puede ajustar el reglaje de dos maneras, según el tipo del cono. La primera consiste en girar la taza contra las roscas de modo que la posición vertical de la pieza de desgaste exterior (cóncavo) se cambia. Una ventaja de este tipo de ajuste es que el desgaste de los forros resulta más uniforme. La segunda consiste en realizar el ajuste

elevando/bajando el eje principal. Una ventaja de este método es que puede hacerse el ajuste de forma continua bajo carga.

Para optimizar los costes de operación y mejorar el formato del producto se recomienda, como regla básica de operación, mantener la cavidad siempre llena de material. Esto es fácil de conseguir usando una pila o un silo para regular la inevitable fluctuación del flujo del material de alimentación. Dispositivos de monitoreo del nivel controlan los niveles máximo y mínimo de material, empezando o parando la alimentación según las necesidades.

### Trituradoras giratorias

Las trituradoras giratorias primarias se usan en la primera etapa de trituración. Las giratorias secundarias se usan normalmente en la segunda etapa de trituración, pero, en algunos casos, pueden usarse en la primera etapa desde que el tamaño del material permita su entrada en la abertura de alimentación. Comparado con la trituradora de cono secundaria, la trituradora giratoria tiene una cámara de trituración diseñada para aceptar material de alimentación de tamaño relativamente grande en relación con el diámetro del manto. Por ello, el ángulo de la cabeza del cono es más pequeño que el de una trituradora de cono giratoria.

### Trituradoras de cono secundarias, terciarias y cuaternarias

Estas trituradoras se usan para trituración de tamaños intermedios y finos y/o para obtener un producto con buen formato cúbico. El material de alimentación ha sido tratado en trituradoras primarias en etapas anteriores. En las graveras, la trituración primaria ha sido realizada por la Madre Naturaleza, razón por la cual la trituradora de cono secundaria puede, en algunos casos, llevar a cabo el proceso de trituración completo.

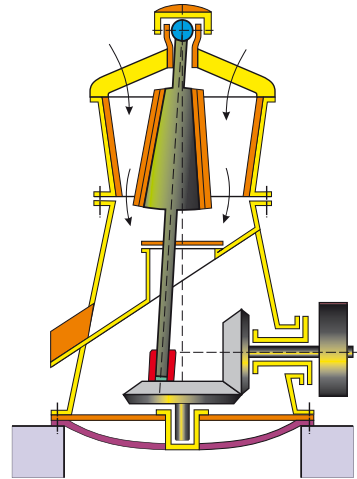
El factor determinante para el desempeño de una trituradora de cono secundaria es el perfil de la cámara o cavidad de trituración. Por eso, normalmente hay un rango de cavidades estándar disponibles para cada trituradora de modo a permitir la selección de la cavidad adecuada al tipo de material de alimentación.

## TRITURADORAS DE IMPACTOS

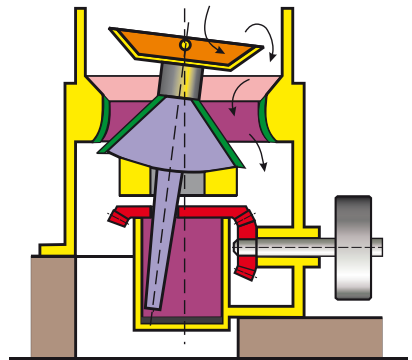
Los dos tipos principales (trituradoras de impactos de eje horizontal y de eje vertical) se caracterizan por una elevada tasa de reducción y por la propiedad de dar forma cúbica al producto. Estas trituradoras también pueden usarse para trituración selectiva, un método que libera minerales duros del material estéril.

Las trituradoras de impactos consisten en una carcasa de placa de acero integrando un eje y un

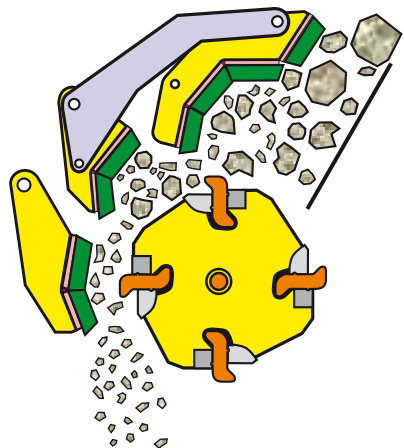
conjunto de rotor. El número de piezas móviles es muy reducido.



Trituradora giratoria



Trituradora de cono



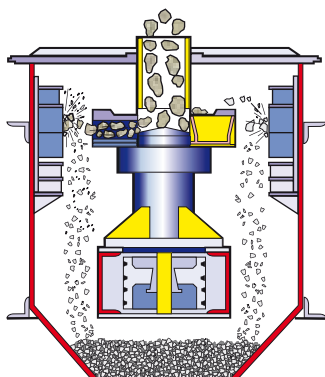
Trituradora de impactos

## Trituradoras de impactos de eje horizontal (HSI)

El material de alimentación es triturado mediante impactos altamente intensos originados por el rápido movimiento rotacional de martillos/barras fijados al rotor. Las partículas resultantes son posteriormente retrituras dentro de la trituradora al chocar contra las piezas de la trituradora y entre sí mismas, produciendo un producto más fino y con mejor formato.

## Trituradoras de impactos de eje vertical (VSI)

Las trituradoras de impactos de eje vertical pueden considerarse "bombas de piedra" que operan como una bomba centrífuga. El material se alimenta a través del centro del rotor, donde es acelerado hasta una alta velocidad antes de ser descargado a través de aberturas en la periferia del rotor. La trituración ocurre mientras el material choca a alta velocidad contra los forros de la carcasa exterior y también debido a la acción de roca contra roca.



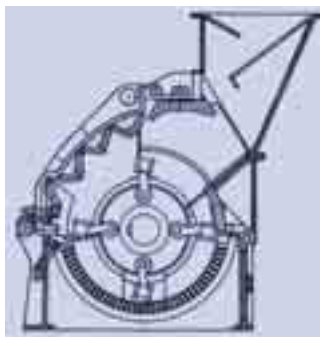
## Trituradora de impactos de eje vertical

Las trituradoras de impactos de eje vertical producidas por Metso Minerals son principalmente del tipo autógeno que usan el principio de trituración de roca contra roca, minimizando así los costes de piezas de desgaste. La línea de trituradoras VSI también incluye máquinas con forros metálicos alrededor de la parte interior de la carcasa para aplicaciones de trituración de materiales de baja abrasión. Estas trituradoras ofrecen tasas de reducción más elevadas con consumo de energía más bajo que lo modelos autógenos. Las trituradoras VSI se usan principalmente en la producción de materiales finos, incluyendo arena, con un buen formato cúbico.

## Molinos de martillos

Los molinos de martillos son muy parecidos a los de impactos. La diferencia es que el molino de martillos tiene muchos martillos articulados fijados al rotor y las aberturas de descargas consisten en una rejilla a través de la cual el material tiene que pasar, contribuyendo así al proceso

de reducción. Los molinos de martillos se usan para triturar y pulverizar materiales que no sean demasiado duros o abrasivos. La velocidad del rotor y el espaciamiento de las barras de la rejilla pueden ser optimizados para satisfacer las necesidades de distintas aplicaciones.



Molino de martillos

## SELECCION DE LOS EQUIPOS DE TRITURACION

Algunos que están familiarizados con la técnica de seleccionar equipos de trituración opinan que es posible hacer la selección basándose meramente en cálculos. Sin embargo, las conclusiones teóricas deben ser siempre contrastadas con la experiencia práctica obtenida con los distintos materiales, así como con los aspectos operacionales, de mantenimiento y, sobretodo, económicos de las distintas soluciones.

## TRITURACION PRIMARIA

El propósito de la trituración primaria es reducir el material a un tamaño que permita su transporte en cintas transportadoras. En la mayor parte de las instalaciones productoras de áridos, la trituración primaria se hace con una trituradora de mandíbulas. Plantas con capacidades muy elevadas usan normalmente una trituradora giratoria primaria. Cuando el material es fácil de triturar y no muy abrasivo, una trituradora de impactos puede ser la mejor solución para la trituración primaria.

Una de las características más importantes de una trituradora primaria es su capacidad de recibir fácilmente el material de alimentación sin formar puentes. Una trituradora primaria grande es naturalmente más cara que una de pequeña dimensión. Por ello, se comparan los cálculos de los costes de la inversión en trituradoras primarias con los costes totales de las etapas primarias, incluyendo el desmonte del frente de roca, voladura y perforación. En muchos casos, camiones basculantes transportan la roca hasta una trituradora primaria fija. Esta puede ser una solución muy cara. Los costes de amortización, combustible, neumáticos, y de mantenimiento pueden ser incluidos cuando los vehículos son muy solicitados. En operaciones modernas, la

utilización de trituradoras primarias móviles que pueden trasladarse a lo largo del frente de roca es, en muchos casos, la solución más económica.

Una trituradora primaria fija puede ser fácilmente transformada en un equipo móvil con la ayuda de un sistema de orugas. Una trituradora primaria montada sobre orugas puede ser una solución económicamente interesante en los casos donde el equipo debe ser constantemente reposicionado en la cantera. Sin embargo, puede ser una solución algo más cara desde el punto de vista de la inversión y mantenimiento, aunque que pueda permitir ahorros en los costes de carga y transporte. En ese caso, el potencial de ahorro puede alcanzar el 25%. Esto significa que es necesario analizar estos factores caso a caso y hay herramientas eficientes para eso.

### **Trituradoras de mandíbulas**

Desde el punto de vista de la abertura de alimentación, el cliente consigue un mejor retorno sobre la inversión cuando la trituradora primaria es una trituradora de mandíbulas, ya que las necesidades de perforación y voladura son menores porque la trituradora puede aceptar bloques de piedra más grandes. La desventaja de esta trituradora, cuando se requiere alta capacidad, es la relativamente reducida anchura de descarga que limita la capacidad en comparación con el circuito de descarga de una trituradora giratoria. Las trituradoras de mandíbulas se usan principalmente en plantas con una producción de hasta cerca de 1.600 t/h.

### **Trituradoras giratorias primarias**

La trituradora giratoria primaria ofrece una alta capacidad gracias a la abertura circular de descarga generosamente dimensionada (que provee una área mucho más larga que la de la trituradora de mandíbulas) y al principio de operación continua (mientras que el movimiento de vaivén de la trituradora de mandíbulas resulta en una acción de trituración intermitente). La trituradora giratoria no tiene rival en plantas grandes con capacidades desde 1.200 t/h y arriba. Para tener una abertura de alimentación correspondiente a la de una trituradora de mandíbulas, la trituradora giratoria primaria debe ser mucho más alta y pesada, requiriendo también una cimentación maciza.

### **Trituradoras de impactos**

La trituradora de impactos primaria ofrece alta capacidad y ha sido diseñada para aceptar material de alimentación de grandes dimensiones. Las trituradoras de impactos primarias se usan para procesar desde 200 t/h hasta 1.900 t/h y tamaños de alimentación de hasta 1.830 mm (71") en el modelo más grande. Las trituradoras de impactos primarias se usan normalmente en aplicaciones no abrasivas y donde la producción de finos no constituye un problema. De todas las trituradoras primarias, la de impactos es la que produce el producto más cúbico.

## **TRITURACION INTERMEDIA**

El propósito de la trituración intermedia es producir varios productos gruesos – por ejemplo, áridos para carreteras – o preparar el material para trituración final. Si la trituración intermedia se destina a producir balastro para ferrocarriles, la calidad del producto es importante. En los demás casos, normalmente no hay exigencias de calidad con la excepción de que el producto sea adecuado para la trituración fina. En la mayoría de los casos, el objetivo es obtener la mayor reducción posible con los menores costes.

Debido a su alta capacidad y bajos costes de operación, es muy frecuente el uso de trituradoras de cono para trituración intermedia.

## **TRITURACION FINA Y CUBICIDAD**

Estas etapas del proceso de trituración determinan la calidad del producto final. Las especificaciones de calidad son exactas para los productos finales, especialmente en la industria de áridos.

Las exigencias comunes por parte de los clientes en la producción de áridos bien como en operaciones de minería son la capacidad y la calidad (granulometría). La industria de áridos también tiene exigencias de calidad adicionales, tales como la forma cúbica de las partículas.

En la mayoría de los casos la trituración fina y la corrección de forma (cubicidad) están combinadas en una sola etapa. La selección de una trituradora para esta tarea requiere experiencia práctica y conocimientos teóricos, y es aquí la División de Trituración y Cribado de Metso Minerales puede ayudar.

### **Los dos tipos principales de trituradoras para trituración fina y corrección de forma**

El usuario deberá optar por uno de los dos tipos principales de trituradoras para trituración fina y corrección de forma, es decir, las trituradoras de cono y de impactos. Los factores decisivos para la selección del equipo más adecuado son la abrasividad y la triturabilidad del material, así como la curva de granulometría deseada.

### **Trituradoras de cono**

Debido a su construcción, las trituradoras de cono constituyen generalmente una inversión más cara que las trituradoras de impactos. Sin embargo, cuando se usa de forma correcta, la trituradora de cono ofrece costes de operación más bajos que una trituradora convencional de impactos. Por tanto, se aconseja a los clientes que triturar roca dura y abrasiva que instalen trituradoras de cono en la etapa final de trituración fina y corrección de forma. En la mayoría de los casos, las trituradoras de cono pueden dar una buena forma cúbica a las granulometrías finas. Las tri-

trituradoras de cono se pueden adaptar a distintas aplicaciones. Esto es un factor importante ya que a menudo las necesidades del cliente cambian durante la vida útil del equipo.

Para las trituradoras de cono hay algunas reglas que deben ser cumplidas para asegurar la obtención de una cubricidad óptima. Las "Diez Reglas de Oro" son:

1. Cámara de trituración llena, significando que la cabeza del cono debe estar cubierta con roca.
2. Alimentación estable y continua.
3. Material abajo del reglaje en la alimentación 10-30% (pero ningún "filler" y finos 0-4 mm normalmente).
4. Tamaño de alimentación máximo. La tasa de reducción debe ser limitada a 3 (-4). El tamaño de alimentación máximo recomendado es de 50 mm.
5. Distribución de alimentación correcta. La distribución debe ser no segregada y distribuida uniformemente alrededor de la cavidad de trituración.
6. Reglaje más próximo del producto requerido.
7. Punto de atascamiento correcto, significando la selección correcta de cavidades para el tipo de alimentación.
8. La trituradora. Las trituradoras de cono de nueva generación producirán material con una forma considerablemente mejor que las trituradoras más antiguas, debido a una mejor cinemática y diseño de la cavidad.
9. Circuito cerrado. Esto mejora la forma mediante frotamiento, proporciona una curva de alimentación constante y retrituración de productos con lajas. En etapas secundarias el circuito cerrado calibra la alimentación para terciarias.
10. Diagrama de flujos en general. Lo importante, especialmente en la producción de áridos de muy alta calidad (forma) es que se usen circuitos selectivos, significando que los productos de etapas secundarios y terciarias no se mezclan.

### **Trituradoras de impactos**

La familia de las trituradoras de impactos consiste en dos tipos principales de equipos.

El tipo convencional tiene un eje horizontal, siendo conocido como HSI (trituradora de impactos de eje horizontal). El otro tipo consiste en una trituradora centrífuga con eje vertical generalmente conocida como VSI (trituradora de impactos de eje vertical). La operación de las trituradoras de impactos está basada en el principio de una rápida transferencia de la energía del impacto al material alimentado. Las trituradoras de impactos producen productos con una buena forma cúbica y pueden ofrecer altas tasas de reducción siempre y cuando el material de alimentación no sea demasiado fino. Esto significa que en ciertos casos será posible usar una sola trituradora de impactos para llevar a cabo las tareas normalmente realizadas en varias etapas de trituración con trituradoras por compresión, (es

decir, trituradoras de mandíbulas, giratorias y de cono). Las trituradoras de impactos se usan principalmente para triturar materiales no abrasivos.

Los dos tipos principales de trituradoras de impactos pueden subdividirse en varios grupos.

Las trituradoras de impactos de eje horizontal están disponibles en varios tamaños y modelos, desde trituradoras primarias de alta capacidad, para grandes canteras de calcáreo, hasta máquinas especialmente diseñadas para la trituración de materiales tales como escorias.

Hay dos categorías principales de trituradoras de impactos de eje vertical – máquinas con piezas de desgaste alrededor de la carcasa y máquinas que usan una capa de material acumulado. Las primeras son muy similares a las trituradoras de impactos convencionales con eje horizontal y rotor. Las segundas se volvieron muy populares durante la última década y son conocidas como trituradoras Barmac. La diferencia entre una trituradora convencional de eje horizontal y una de eje vertical tipo Barmac es que esta última ofrece costes de operación más bajos, pero su tasa de reducción también es menor. En una trituradora Barmac de eje vertical el material es sometido a un proceso intenso de trituración roca contra roca. En las demás trituradoras, casi toda la reducción resulta del impacto de piedra contra metal.

Los clientes que operan plantas antiguas, reformadas o ampliadas, muchas veces tienen problemas con la forma del producto. En esos casos, la instalación de una trituradora Barmac VSI en la etapa final de trituración es la solución para los problemas de forma del producto.

El mismo se aplica a muchas unidades de trituración móviles. Puesto que el número de etapas de trituración es normalmente pequeño en este tipo de plantas, es prácticamente imposible obtener una buena forma de producto a no ser que la roca sea relativamente blanda y como tal más apta a producir un producto cúbico. Una trituradora centrífuga en la etapa final puede ayudar a resolver el problema.

La capacidad de la planta y el tamaño del material de alimentación son los factores principales en la selección de una trituradora primaria. Para asegurar el buen desempeño de la planta primaria y evitar pérdidas de producción, es necesario tener una correlación adecuada entre el tamaño del material de alimentación y la dimensión de la abertura de alimentación de la trituradora, lo que significa que el tamaño máximo del material de alimentación debe mantenerse entre el 60...80% de la abertura de entrada de la trituradora. Los factores que pueden tener influencia en la selección incluyen el tipo de alimentador usado, el flujo de material hacia la trituradora y la disponibilidad de los medios necesarios (tales como martillos rompedores) para remover los bloques grandes en el caso de atascamiento en la entrada de alimentación del material. En los casos en que los requisitos de calidad son muy altos, la opción natural es una trituradora giratoria primaria.



Naturalmente, una abertura de entrada grande es siempre una ventaja. Sin embargo, en la práctica, el límite está sujeto a la capacidad de la planta y la inversión presupuestada.

### Trituración – Cálculo de la tasa de reducción

Todas las trituradoras tienen una tasa de reducción limitada, lo que significa que la reducción de tamaño se hace por etapas. El número de etapas depende del tamaño de alimentación y del producto requerido, como se demuestra a continuación.

**Tamaño del material de alimentación: F80 = 400 mm**

Roca volada, 80% menor que 400 mm

**Tamaño del producto: P80 = 16 mm**

Aridos para carreteras o alimentación de molinos de rodillos 80% menor que 16 mm

Tasa de reducción total (R) F80/P80 400/16 = **25**

Tasa de reducción en la etapa de trituración primaria R1 = **3**

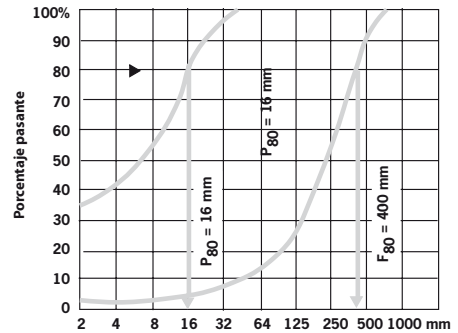
Tasa de reducción en la etapa de trituración secundaria R2 = **4**

El total de dos etapas de trituración da  $R1 \times R2 = 3 \times 4 = 12$

Esto no es suficiente. Necesitamos una tercera etapa de trituración.\*

Por ejemplo: Reducción primera etapa R1 = 3  
Reducción segunda etapa R2 = 3  
Reducción tercera etapa R3 = 3

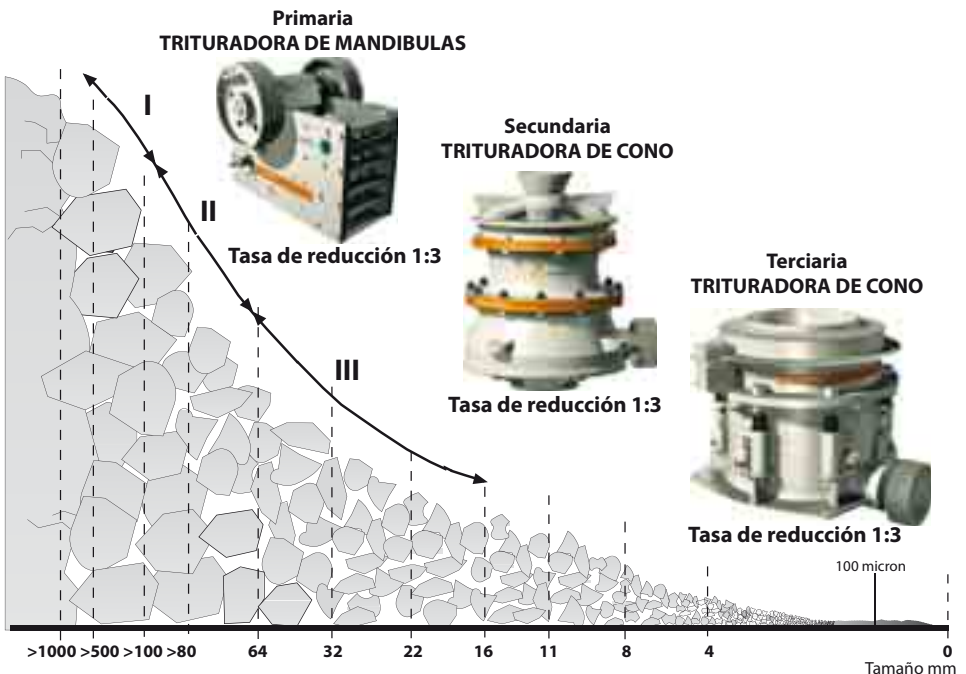
Juntas, las tres etapas dan  $R1 \times R2 \times R3 = 3 \times 3 \times 3 = 27 =$  reducción suficiente



*\*Puesto que tenemos que usar tres etapas, podemos reducir un poco la reducción en cada etapa, dando más flexibilidad al circuito!*



La misma reducción de tamaño con alimentación blanda (inferior a mohs 5) se hace con dos etapas de HSI (trituradoras de impactos de eje horizontal) ya que pueden fácilmente reducir 1:10 en cada etapa proporcionando una posibilidad de reducción máxima de 1:100.

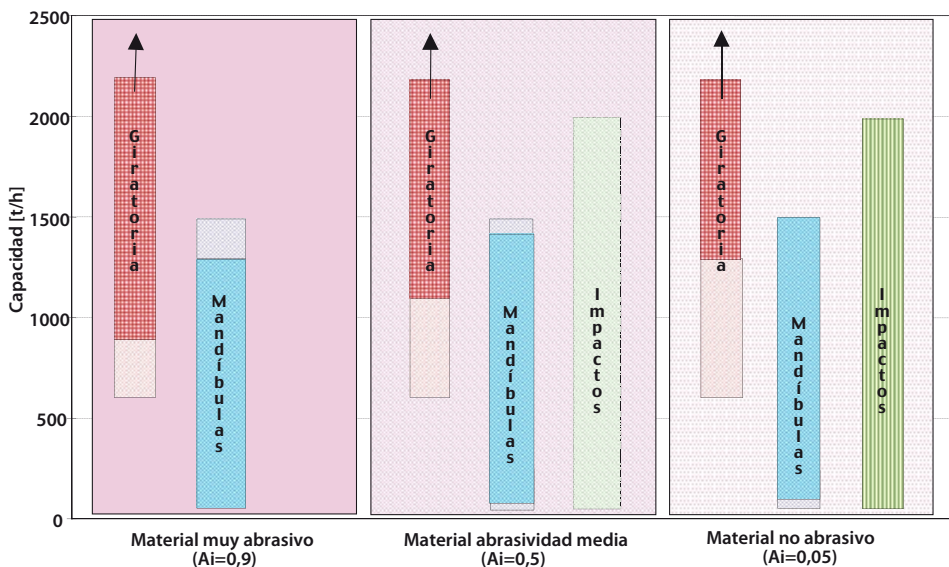


Para pulgadas divide por 25,4

Equipos de trituración

**SELECCION DE LA TRITURADORA**

La tabla a continuación presenta algunas indicaciones sobre las aplicaciones de las trituradoras. La información es meramente indicativa y no una regla rígida. El diagrama a continuación presenta sucintamente la selección de la trituradora primaria.



Tipo principal de trituradora	Etapa típica del proceso	Tamaño de alimentación hasta (mm)	Tamaño típico máximo del producto final (mm)	Capacidades típicas (t/h)	Abrasividad		Cantidad de finos producidos	Corrección de la forma del producto
					baja	alta		
Trituradora giratoria (grande)	primaria	1.500	200-300	más de 1.200		x	baja	
Trituradora de mandíbulas	primaria	1.400	200-300	hasta 1.600		x	baja	
Trituradora giratoria de cono	primaria/secundaria	1.300	200-300	hasta 1.800	x		media/alta	sí
Trituradora giratoria de cono	secundaria	450	60-80	hasta 1.200	x	x	baja	
Trituradora giratoria de cono	terciaria	300	0-30	hasta 1.000	x	x	baja/media	sí
Barmac VSI serie B	terciaria	40	0-30	hasta 600	x	(x)	alto	sí
Barmac VSI serie VI	terciaria/secundaria	150	0-30	hasta 500	x		alto	sí

Para pulgadas divida por 25,4

Para TCPH multiplique por 1,1

**Impacto indicativo de los distintos parámetros**

El impacto de las características de roca y de los parámetros de las trituradoras en el producto final es complicado. En muchos casos, el impacto de un solo efecto depende del efecto combinado de otros. La tabla a continuación presenta un resumen simplificado de los efectos de algunas variables sobre el producto final y el rendimiento de la trituradora. Como se ha dicho arriba, en muchos casos el impacto de un parámetro puede ser contrario a lo esperado, dependiendo de otro parámetro. Un ejemplo práctico es la

influencia de la excentricidad de la trituradora de cono en la forma del producto. Si la alimentación contiene fracciones más pequeñas que el reglaje de la trituradora, una excentricidad mayor es buena para la forma del producto. Sin embargo, si la fracción de la alimentación es estrecha, sin fracciones más pequeñas que el reglaje, una excentricidad menor es la mejor opción. En todo caso, con este tipo de configuración tal calidad de producto final nunca podrá ser alcanzada con una alimentación más alargada, con fracciones < reglaje. Por esa razón, los efectos simultáneos arriba mencionados ocurren y deben ser tenidos en cuenta.

Equipos de trituración

+ = valor aumenta  
- = valor disminuye

		EFECTO SOBRE								
		Producto				Trituradora				
		porcentaje de 0/4	80% punto	Inclinación de la curva	Capacidad	Índice de lajas	Potencia		Fuerza de trituración	
<b>Incremento de</b>	<b>Alimentación 80% punto</b>	-	+		-	+			<b>Material de alimentación</b>	
	Porcentaje inferior al reglaje en la alimentación				+			+		
	Triturabilidad	+	-	-	-	-	-			
	Humedad	+	-		-					
	Lajas en la alimentación	+	-	-	+	+				
		<b>Mandíbulas</b>								<b>Trituradoras</b>
		Reglaje		+	+	+		-	-	
		Velocidad		-	-		+	+		
		Angulo de agarro				-				
		<b>Conos</b>								
		Reglaje	-	+	+	+		-	-	
		Excentricidad			-	+		+	+	
		Velocidad	+	-	-			+		
		Angulo de agarro				-				
		<b>Impactores de eje horizontal</b>								
	Velocidad	+	-	-		-	+			
	Reglaje		+		+	+	-			
	Número de martillos		-			-	+			
	Número de placas de impactos	+	-		-	-				
	Tasa de alimentación	-	+		+		+			
	<b>Impactores de eje vertical</b>									
	Velocidad	+	-	-	-	-	+			
	Cascada	-	+		+	+	-			
	Número de puertos				-					
	Tasa de alimentación	-			+		+			

## **TRITURACION – CONCEPTOS GENERALES CAPACIDAD**

Las capacidades de producción dadas en las tablas de rendimiento a continuación han sido preparadas como herramienta para ayudar a usar correctamente las trituradoras. Las capacidades (t/h) indicadas están basadas en materiales con una densidad aparente de 1.600 kg/m<sup>3</sup>.

La trituradora es sólo un componente del circuito de trituración. Por eso, su rendimiento también dependerá de la selección y operación correcta de los alimentadores, cintas transportadoras, cribas, estructuras, motores eléctricos y silos.

Para un buen rendimiento es necesario tener en cuenta todos los siguientes factores:

- 1 – Selección de una cámara de trituración apropiada para el material.
- 2 – Curva de alimentación con distribución adecuada de tamaños.
- 3 – Control de la tasa de alimentación.
- 4 – Distribución adecuada del material a través de los 360° de la cámara de trituración, en el caso de trituradoras de cono.
- 5 – Dimensionamiento apropiado del transportador de descarga considerando la capacidad máxima de la trituradora.
- 6 – Dimensionamiento apropiado de cribas preliminares de malla ancha y cribas clasificadoras en circuitos cerrados.
- 7 – Automatización.
- 8 – Área de descarga de la trituradora adecuada.

Si no son tenidos en cuenta, los factores a continuación señalados pueden afectar la capacidad y el rendimiento de la trituradora.

- 1 – Presencia de material pegajoso en la alimentación de la trituradora.
- 2 – Presencia de finos en la alimentación (0-5 mm) excediendo el 10% de la capacidad de la trituradora.
- 3 – Exceso de humedad.
- 4 – Segregación de la alimentación en la cámara de trituración.
- 5 – Mala distribución de la alimentación alrededor de la cámara de trituración, en el caso de trituradoras de cono.
- 6 – Falta de control de la alimentación.
- 7 – Tamaño de motor erróneo.
- 8 – Capacidad insuficiente de las cintas de descarga de la trituradora.
- 9 – Capacidad insuficiente de las cribas primarias de malla ancha y/o cribas de cierre del circuito.
- 10 – Área de descarga de la trituradora insuficiente.
- 11 – Material extremadamente duro o difícil de triturar.
- 12 – Velocidad de rotación de la trituradora in-

ferior a las especificaciones.

Para determinar el efecto de uno de estos factores, consulte a Metso Minerals.

## **Simulación del rendimiento de la trituradora**

El rendimiento de una trituradora de roca consiste en la reducción del tamaño, tasa de producción, consumo de energía y calidad (granulometría y forma de las partículas)

El rendimiento de la trituradora depende de varios parámetros.

- Características del material procesado
- Distribución del tamaño del material de alimentación
- Características del material
- Humedad, etc.
- Parámetros de la trituradora
- Cinemática de la trituradora
- Geometría de la cámara de trituración

Una simulación fiable del rendimiento de la trituradora

- Permite optimizar la cámara de trituración y la cinemática
- Funciona como herramienta para resolución de problemas

### **Antecedentes del modelo de simulación**

Los primeros modelos para la previsión del rendimiento de trituradoras de mandíbulas y giratorias fueron publicados en la década de 1950. Estos modelos calculaban el flujo de material hacia la cámara de trituración, produciendo como resultado una estimación de la capacidad de la trituradora.

Los modelos posteriormente desarrollados se basaban en ecuaciones de movimiento y tenían en cuenta funciones de selección y rotura derivadas de ensayos de laboratorio.

El modelo desarrollado por Metso Minerals también está basado en las leyes de la mecánica y calcula la reducción de tamaño, usando funciones de selección y rotura. Se obtienen funciones empíricas de selección y rotura mediante series de pruebas de laboratorio extensivas, incluyendo pruebas de compresión de partículas singulares bien como de capas de partículas de distintos materiales. Se hace el ajuste fino de la simulación para alta exactitud a través de cientos de pruebas de trituración a escala natural realizadas por Metso Minerals.

### **Parámetros de entrada y salida del programa de simulación**

Los parámetros de entrada del programa de simulación se dividen en dos categorías, a saber, parámetros de la trituradora y del material de alimentación. Los parámetros de la trituradora son:

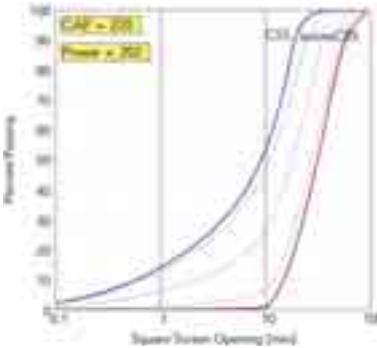
- Geometría de la cámara de trituración
- Trituradora
- reglaje
- excentricidad
- velocidad excéntrica

Un modelo de reducción del tamaño necesita de datos de entrada del modelo de flujo y las características del material:

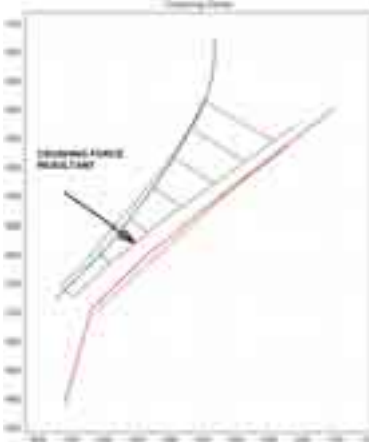
- Distribución del tamaño de alimentación
- Triturabilidad del material de alimentación
- Peso específico de la alimentación.

Salida del programa de simulación:

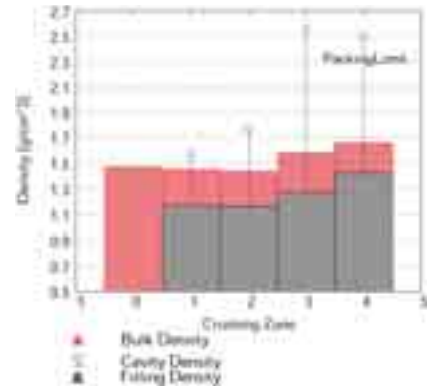
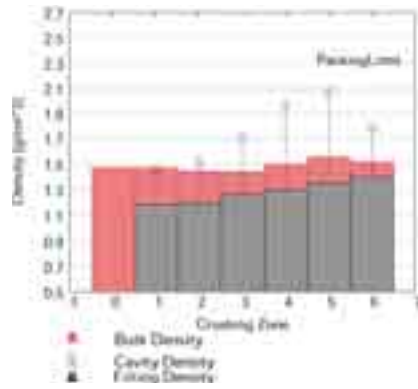
- Granulometría del producto
- Tasa de capacidad de producción
- Potencia requerida
- Densidad del material en la cámara de trituración
- Estimación del perfil de desgaste en la cavidad
- Presión/fuerza de trituración
- Valores clave para estimación de la calidad del producto



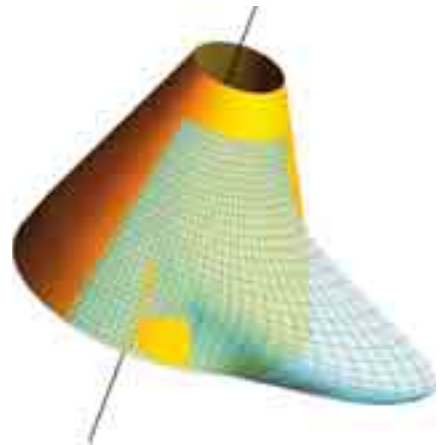
Ejemplos de los resultados de los cálculos. Granulometría del producto, capacidad, y potencia requerida.



Ejemplos de los resultados de los cálculos usando una trituradora de cono. Zonas de trituración, fuerza de trituración y estimación del perfil de desgaste después de la utilización del 10% de la vida útil del forro.



Ejemplos de los resultados de los cálculos, densidad del material en las zonas de trituración. Representa una situación normal donde la densidad en la cavidad queda por debajo del límite de compactación (packing) y un caso no deseado en el que hay compactación en la trituradora, conduciendo a una alta fuerza de trituración y, normalmente, fluctuaciones en la producción de la trituradora.



Ejemplo de los resultados de los cálculos, trituradora de cono. Distribución de la presión de trituración en el manto.

## **Trituradoras de mandíbulas Serie C**

### **La trituradora de mandíbulas preferida en el mundo entero**

Metso Minerals, el grupo líder mundial en el procesamiento de rocas y minerales, ha instalado más de 10.000 trituradoras de mandíbulas desde la década de 1920. En la actualidad, la Nordberg Serie C es, sin duda alguna, la trituradora de mandíbulas preferida en el mundo entero.

Todas las trituradoras de mandíbulas de la Serie C se basan en una revolucionaria construcción de bastidor modular sin soldaduras. Este diseño ofrece a los usuarios la máxima resistencia posible a la fatiga, una excelente fiabilidad y numerosas posibilidades de montaje. Todo ello, combinado con sus componentes de acero fundido de alta calidad y rodamientos de rodillos esféricos, proporciona una disponibilidad excepcionalmente alta de la trituradora, un proceso rentable y un coste reducido por tonelada.

### **Fabricación y materiales líderes en el mundo**

Las trituradoras de la Serie C resultan insuperables tanto por su diseño como por los materiales que utilizamos en su fabricación. Buenos ejemplos son los rodamientos sobredimensionados de alta calidad y el eje excéntrico. Se ha prestado una atención especial incluso a los detalles más pequeños, con el fin de garantizar la máxima funcionalidad y fiabilidad posible y sin hacer ningún tipo de concesión.

### **Construcción modular sin soldaduras**

La exclusiva construcción modular del bastidor, sin soldaduras, es un diseño de última generación basado en dos placas laterales de acero laminado en caliente, unidas a bastidores de acero fundido de alta calidad mediante rebordes mecanizados con alta precisión y asegurados por pernos. La ausencia de inductores de tensión, como los cordones de soldadura, garantiza una excelente resistencia frente a las cargas de impacto.

### **El diseño de cavidad perfecto**

Las trituradoras de mandíbulas de la Serie C se diseñan literalmente “de dentro afuera”, dado que la cavidad es el corazón y la razón de existir de la trituradora de mandíbulas.

Por eso llevamos muchos años prestando una gran atención a las dimensiones de la abertura



de alimentación, así como a la altura de la cavidad. La perfecta relación entre la anchura de la abertura de alimentación y la profundidad de la cavidad garantiza el mínimo de bloqueos y evita que la trituradora tenga una altura innecesaria.

Con el paso de los años hemos desarrollado muchos tipos de mandíbulas para optimizar el rendimiento de las trituradoras Nordberg Serie C en una amplísima gama de aplicaciones, como canteras convencionales, minas, graveras y reciclaje de material de demoliciones y asfalto. Los perfiles de los dientes, así como el grosor de las mandíbulas, están optimizados y combinados con las mejores aleaciones de acero al manganeso para aumentar al máximo la productividad y minimizar los costes de operación.

### Cinemática de alto impacto y gran potencia

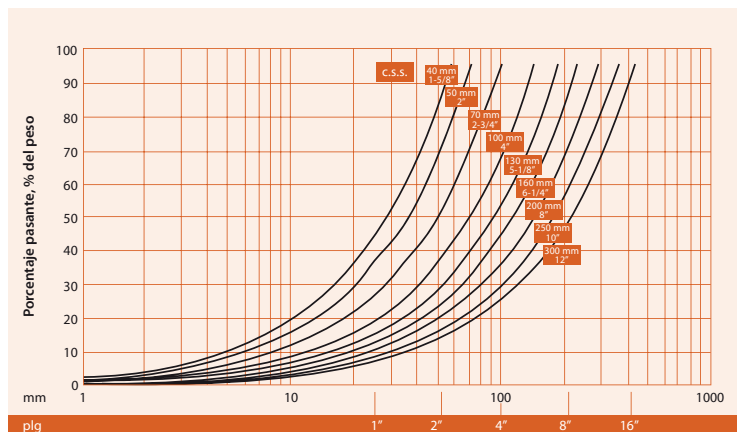
Además de utilizar unas dimensiones adecuadas en la cavidad, es necesario aplicar la cinemática correcta. Por ello, las trituradoras de mandíbulas de la Serie C cuentan con una larga carrera excéntrica acoplada a un ángulo de placa basculante elevado que aumenta el vaivén eficaz en la descarga de la trituradora. El vaivén largo, combinado con la velocidad adecuada, ángulo de trituración pronunciado, la inercia de los volantes y la alta potencia de trituración disponible dan como resultado un rendimiento de trituración impresionante.

### Capacidades y especificaciones técnicas

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054
Anchura de la abertura de alimentación mm (")		800 (32)	1.000 (40)	930 (37)	1.060 (42)	1.150 (45)	1.375 (54)
Profundidad de la abertura de alimentación mm (")		510 (20)	760 (30)	580 (23)	700 (28)	800 (32)	760 (30)
Potencia kW		75 (100)	110 (150)	90 (125)	110 (150)	132 (175)	160 (200)
Velocidad (rpm)		350	260	330	280	260	260
Tamaño del producto mm (")	Reglaje del lado cerrado mm (")	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)
0-30	20						
0-1 1/8	3/4						
0-35	25						
0-1 3/8	1						
0-45	30						
0-1 3/4	1 1/8						
0-60	40	55 - 75					
0-2 3/8	1 5/8	60 - 80					
0-75	50	65 - 95					
0-3	2	75 - 100					
0-90	60	80 - 110		105 - 135			
0-3 1/2	2 3/8	90 - 120		115 - 150			
0-105	70	95 - 135	125 - 175	125 - 155	150 - 185	165 - 205	210 - 270
0-4 1/8	2 3/4	110 - 145	140 - 190	135 - 170	160 - 205	180 - 225	230 - 295
0-120	80	110 - 150	145 - 200	140 - 180	165 - 215	180 - 235	240 - 300
0-4 3/4	3 1/8	120 - 165	160 - 215	155 - 200	185 - 240	200 - 260	260 - 330
0-135	90	125 - 175	160 - 220	160 - 220	190 - 235	205 - 225	260 - 330
0-5 3/8	3 1/2	140 - 190	175 - 240	175 - 220	205 - 260	225 - 280	285 - 360
0-150	100	140 - 190	180 - 250	175 - 225	205 - 265	225 - 285	285 - 365
0-6	4	150 - 210	200 - 275	195 - 250	230 - 295	245 - 315	315 - 400
0-185	125	175 - 245	220 - 310	220 - 280	255 - 325	270 - 345	345 - 435
0-7	5	195 - 270	245 - 340	240 - 310	280 - 360	295 - 380	375 - 480
0-225	150	210 - 290	265 - 365	265 - 335	305 - 385	320 - 405	405 - 515
0-9	6	230 - 320	290 - 400	290 - 370	335 - 428	350 - 450	445 - 565
0-260	175	245 - 335	310 - 430	310 - 390	355 - 450	370 - 465	465 - 595
0-10	7	270 - 370	340 - 470	340 - 430	390 - 495	405 - 515	515 - 650
0-300	200		355 - 490		395 - 500	410 - 520	530 - 670
0-12	8		390 - 535		445 - 560	460 - 580	580 - 740

**Capacidades y especificaciones técnicas**

		C110	C125	C140	C145	C160	C200
Anchura de la abertura de alimentación mm (")		1.000 (44)	1.250 (49)	1.400 (55)	1.400 (55)	1.600 (63)	2.000 (79)
Profundidad de la abertura de alimentación mm (")		850 (34)	950 (37)	1.070 (42)	1.100 (43)	1.200 (47)	1.500 (59)
Potencia kW		160 (200)	160 (200)	200 (250)	200 (300)	250 (350)	400 (500)
Velocidad (rpm)		230	220	220	220	220	200
Tamaño del producto mm (")	Reglaje del lado cerrado mm (")	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)	tmph (tcph)
0-60	40						
0-2 3/8	1 5/8						
0-75	50						
0-3	2						
0-90	60						
0-3 1/2	2 3/8						
0-105	70	160 - 220					
0-4 1/8	2 3/4	175 - 240					
0-120	80	175 - 245					
0-4 3/4	3 1/8	195 - 270					
0-135	90	190 - 275					
0-5 3/8	3 1/2	215 - 300					
0-150	100	215 - 295	245 - 335				
0-6	4	235 - 325	270 - 370				
0-185	125	260 - 360	295 - 405	325 - 445	335 - 465		
0-7	5	285 - 395	325 - 445	355 - 490	370 - 510		
0-225	150	310 - 430	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	
0-9	6	340 - 470	380 - 525	420 - 580	435 - 600	475 - 670	
0-260	175	350 - 490	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-10	7	390 - 540	435 - 600	480 - 665	500 - 690	545 - 765	695 - 980
0-300	200	405 - 555	445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1.000
0-12	8	445 - 610	490 - 675	545 - 750	565 - 780	615 - 870	780 - 1.100
0-340	225		495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1.105
0-13	9		545 - 750	605 - 835	630 - 870	685 - 965	860 - 1.215
0-375	250		545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1.215
0-15	10		600 - 830	670 - 925	695 - 960	755 - 1.060	950 - 1.340
0-410	275				690 - 950	745 - 1.055	940 - 1.320
0-16	11				760 - 1.045	820 - 1.160	1.030 - 1.455
0-450	300					815 - 1.145	1.015 - 1.435
0-18	12					895 - 1.260	1.120 - 1.575

**Granulometría indicativa de productos**


\* A menudo es posible utilizar reglajes del lado cerrado más reducidos, dependiendo de la aplicación y los requisitos de producción. Póngase

en contacto con Metso Minerals para recibir una estimación de rendimiento para su aplicación. Las cifras en la tabla se basan en material de ali-



mentación con una masa específica media de 2,7, con un tamaño máximo de alimentación que entra sin problemas en la cámara de trituración sin atascamiento. Las capacidades pueden variar dependiendo del método de alimentación y de características de alimentación, tales como la granulometría, densidad aparente, humedad, contenido de arcillas y la facilidad de trituración. La medición del reglaje del lado cerrado de la trituradora varía en según el perfil de mandíbulas utilizado y afecta a la capacidad de la trituradora y la granulometría del producto. Los factores siguientes permiten aumentar la capacidad y el rendimiento de la trituradora:

1. Selección adecuada de las mandíbulas.
2. Granulometría correcta de la alimentación.
3. Velocidad de alimentación controlada.
4. Capacidad y anchura suficientes del alimentador.
5. Área de descarga adecuada a la trituradora.
6. Cinta transportadora de descarga dimensionada para transportar la máxima capacidad de la trituradora.

### Sistemas rápidos y seguros de reglaje

Todas las trituradoras de la Serie C llevan un sistema de reglaje por cuñas comprobado, resistente y rápido. El reglaje de la trituradora puede hacerse a mano en pocos minutos o, alternativamente, en pocos segundos con el sistema opcional de reglaje hidráulico.

### Costes de cimentación más bajos

Los amortiguadores y topes de goma reducen eficazmente las cargas de compresión aplicadas a la cimentación mediante la absorción de los picos de carga de impacto y permitiendo que la trituradora se mueva tanto vertical como longitudinalmente. Este sistema innovador elimina la necesidad de usar pernos de anclaje. Las trituradoras de mandíbulas de la serie C están debidamente equilibradas lo que, junto con los amortiguadores y topes de goma reduce las cargas dinámicas en la cimentación.

### Los rodamientos más resistentes del mercado

Todas las trituradoras de la Serie C incorporan rodamientos del eje excéntrico mayores y más resistentes que otras trituradoras de tamaño similar. Su mayor capacidad de soporte de cargas y la eficacia de sus sellos de laberinto permiten alargar considerablemente la vida útil de los rodamientos.

### Vida útil de las piezas de desgaste

Para optimizar la vida útil y el desempeño de las piezas de desgaste de la trituradora, están disponibles varios perfiles de dientes de las mandíbulas, aleaciones y espesores de acero al manganeso. La placa intermedia opcional y el espaciador maximizan la utilización de las mandíbulas de manganeso.



## Base para motor integral y versátil

La base integral opcional para motor va montada en el bastidor principal de la trituradora, con lo que se reducen las necesidades de espacio, cimientos adicionales y de usar correas trapezoidales muy largas. La vida útil de las correas trapezoidales se alarga gracias a que no existe ningún movimiento diferencial entre la trituradora y la base integral para motor. La base integral para motor permite utilizar protectores estándar sobre los volantes de inercia, eliminando la necesidad de trabajos locales de ingeniería y montaje.

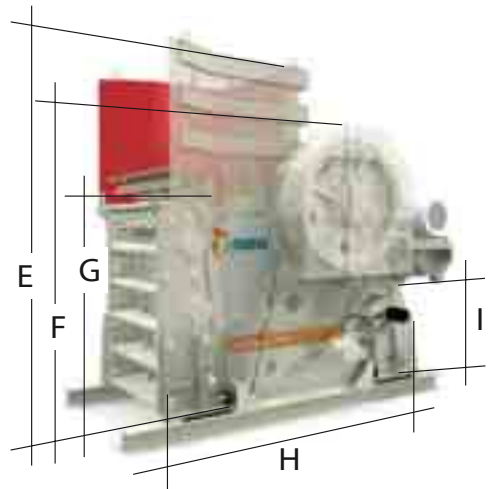
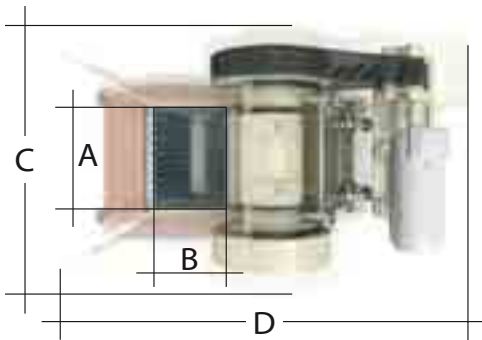


## Otras excelentes características que ahorran costes

Existen varias características adicionales que le ayudarán a conseguir costes de operación e instalación más bajos. Entre ellas se encuentran el sistema de lubricación automática con grasa, distintos soportes de montaje para acomodar distintas alturas de alimentación, sensores de temperatura y velocidad y placas de protección.



En contra de lo que se suele creer, no todas las trituradoras de mandíbulas son iguales. Esta es una afirmación que se cumple claramente en el caso de las trituradoras de mandíbulas Nordberg Serie C. Pero nuestro éxito no tiene secretos.



Equipos de trituración

**Dimensiones y pesos**

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200
A	mm	800	1.000	930	1.060	1.150	1.380	1.100	1.250	1.400	1.400	1.600	2.000
	plg	32	40	37	42	45	54	44	50	56	56	63	79
B	mm	510	760	580	700	800	760	850	950	1.070	1.100	1.200	1.500
	plg	21	30	23	28	32	30	34	38	43	44	48	60
C	mm	1.526	2.420	1.755	2.030	2.400	2.640	2.385	2.800	3.010	3.110	3.700	4.040
	plg	61	96	70	80	95	104	94	111	119	123	146	160
D	mm	2.577	3.670	2.880	3.320	3.600	3.540	3.770	4.100	4.400	4.600	5.900	6.700
	plg	102	145	114	131	144	140	149	162	174	182	233	264
E	mm	1.990	2.890	1.610	2.075	2.675	2.470	2.890	3.440	3.950	4.100	4.580	4.950
	plg	79	114	64	82	105	98	114	136	156	162	181	195
F	mm	1.750	2.490	1.460	2.005	2.730	2.470	2.750	2.980	3.140	3.410	3.750	4.465
	plg	69	99	58	79	107	98	109	118	124	135	148	176
G	mm	1.200	1.700	755	1.135	1.790	1.080	1.940	2.100	2.260	2.430	2.650	2.800
	plg	48	67	30	45	71	43	77	83	89	96	105	111
H	mm	2.100	2.965	2.500	2.630	2.885	2.950	2.820	3.470	3.755	3.855	4.280	4.870
	plg	83	117	99	104	114	117	112	137	148	152	169	192
I	mm	625	775	465	700	1.255	690	580	980	1.050	1.050	1.300	1.400
	plg	25	31	19	28	50	28	23	39	42	42	52	56
Peso básico de la trituradora <sup>1)</sup>	kg	7.670	20.060	9.759	14.350	18.600	25.900	25.800	37.970	47.120	54.540	71.330	121.510
	lb	16.900	44.240	21.520	31.650	40.920	57.100	56.880	83.730	103.900	120.260	157.280	267.930
Peso de la trituradora en operación <sup>2)</sup>	kg	9.520	23.300	11.870	17.050	21.500	30.300	29.500	43.910	54.010	63.190	83.300	137.160
	lb	21.000	51.390	26.170	37.590	47.300	66.800	65.050	96.830	119.100	139.330	183.680	302.440

1) Trituradora sin opciones

2) Trituradora, ajuste hidráulico del reglaje, protecciones del volante, soporte integral del motor, conducto de alimentación, sistema automático de lubricación, y motor eléctrico típico.

Los diagramas certificados de disposición general, cimentación y requisitos de espacio para servicio técnico están disponibles a través de Metso Minerals.



La alta capacidad y los bajos costes de operación de las trituradoras giratorias SUPERIOR MK-II de nueva generación, satisfacen las exigencias de mayor eficacia. Gerentes de mina, ingenieros de mantenimiento y los operadores saben lo que quieren hoy día y en el futuro... nosotros hemos escuchado y desarrollado la nueva generación de trituradoras giratorias SUPERIOR, incorporando varias características nuevas patentadas.

El nuevo diseño de la trituradora SUPERIOR MK-II está basado en más de un siglo de experiencia en la tecnología de trituración. Más de 1.500 trituradoras SUPERIOR han sido instaladas en minas y canteras en el mundo entero.

Las características mejoradas incluyen un considerable incremento de la capacidad como consecuencia del incremento de la velocidad y eficiencia, la introducción del concepto SUPER SPIDER y un mejor equilibrio, permitiendo menores costes de instalación.

El concepto Super Spider consiste en la introducción de una carcasa superior adicional usando la misma base para obtener una abertura de alimentación más grande y consecuentemente, mayor capacidad. El diseño perfeccionado del brazo de araña con más espacio para el paso de material de mayor grosor, reduce atascamientos e incrementa la productividad.

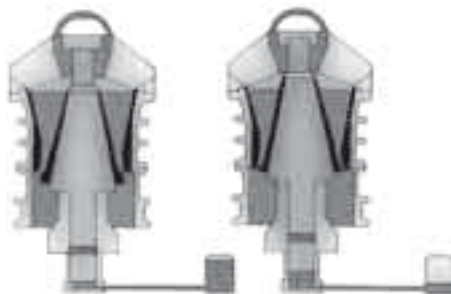
## Alta producción y resistencia

La araña y las carcasas superior e inferior son de acero fundido de alta resistencia, permitiendo la utilización de motores de accionamiento más potentes, resultando en una producción superior a la de modelos similares.

## El control de la posición del eje principal proporciona eficiencia máxima de trituración

El sistema de posicionamiento del eje principal – usado con éxito desde hace décadas – es un método hidráulico de ajuste vertical para compensar el desgaste y controlar el tamaño del producto. Consiste en una bomba controlada por botón de contacto y un cilindro hidráulico de servicio pesado que soporta y ajusta el conjunto del eje principal.

El sistema de posicionamiento del eje principal también se usa para vaciar la cámara de trituración. En el caso de un corte súbito de energía para parar la trituradora durante la operación, se puede bajar el manto para remover el material, sin que sea necesario limpiar manualmente la cámara de trituración.



La trituradora primaria giratoria SUPERIOR MK-II lleva un cilindro compensador que resguarda la quicionera y el pistón manteniéndolos en contacto con el conjunto del eje principal al ocurrir cualquier movimiento ascendente del eje principal.

Las trituradoras primarias giratorias SUPERIOR MK-II llevan un sensor que indica directamente la posición del eje principal, permitiendo al operador mantener el reglaje correcto de la abertura, obteniendo un producto consistente y monitoreando el desgaste de los forros.

## Características que proporcionan mejor economía de trituración

– Capacidad excepcionalmente alta y máxima vida útil de los forros gracias al pronunciado

ángulo de la cámara y las largas superficies de trituración.

- Larga vida útil y operación fiable gracias al bastidor de servicio pesado, gran diámetro del conjunto integrado del eje principal y rodamientos de alto rendimiento.
- Producción optimizada para su aplicación gracias al diseño de la cámara de trituración desarrollado en CAD.
- Versatilidad en el cambio de la excentricidad. Se puede ajustar la capacidad de la trituradora a los requisitos de la planta cambiando simplemente el casquillo del excéntrico.
- Mantenimiento fácil
  - Lubricación automática de la araña
  - Sistema de lubricación modular
  - Sistema indicador de la posición del eje principal
  - Ajuste fácil del contragolpe
  - Separación hidráulica opcional de la araña
  - Sistema opcional de rotación del bastidor superior

**Cámaras de trituración proporcionan desgaste uniforme**

Muchos años de experiencia en el desarrollo de equipos y los datos de operación acumulados han resultado en el diseño de la nueva generación de trituradoras SUPERIOR MK-II. Las computadoras nos han permitido evaluar millares de cambios en las cámaras de trituración a fin de optimizar el rendimiento de la trituración.

Con nuestro programa de computadora hemos desarrollado un concepto novedoso de cámara de trituración que proporciona...

- Mayor uniformidad del producto
- Mejor distribución del desgaste en la cámara
  - menos problemas de mantenimiento y costes de operación más bajos.
- Menos cambios de forros - menos costes de desgaste por tonelada de producto.
- Mejor eficiencia energética

**Eje principal concebido para servicio pesado**

- El eje principal está forjado en una sola pieza. No hay riesgo alguno de aflojamiento y descentralización, lo que reduce las paradas para mantenimiento.
- Los hilos de rosca para la tuerca de la cabeza están en el manguito reemplazable de aleación de acero del eje principal - no hay roscas en el eje principal, lo que significa que no pueden dañarse ni causar esfuerzos en el eje. El gran radio, altamente pulido entre el diámetro del

muñón superior del eje y su sección cónica refuerza el eje y alarga su vida útil.

- La tuerca autoajustable de la cabeza aprieta el manto automáticamente.
- El mayor diámetro del muñón superior proporciona mayor resistencia para aplicaciones de trituración severas.

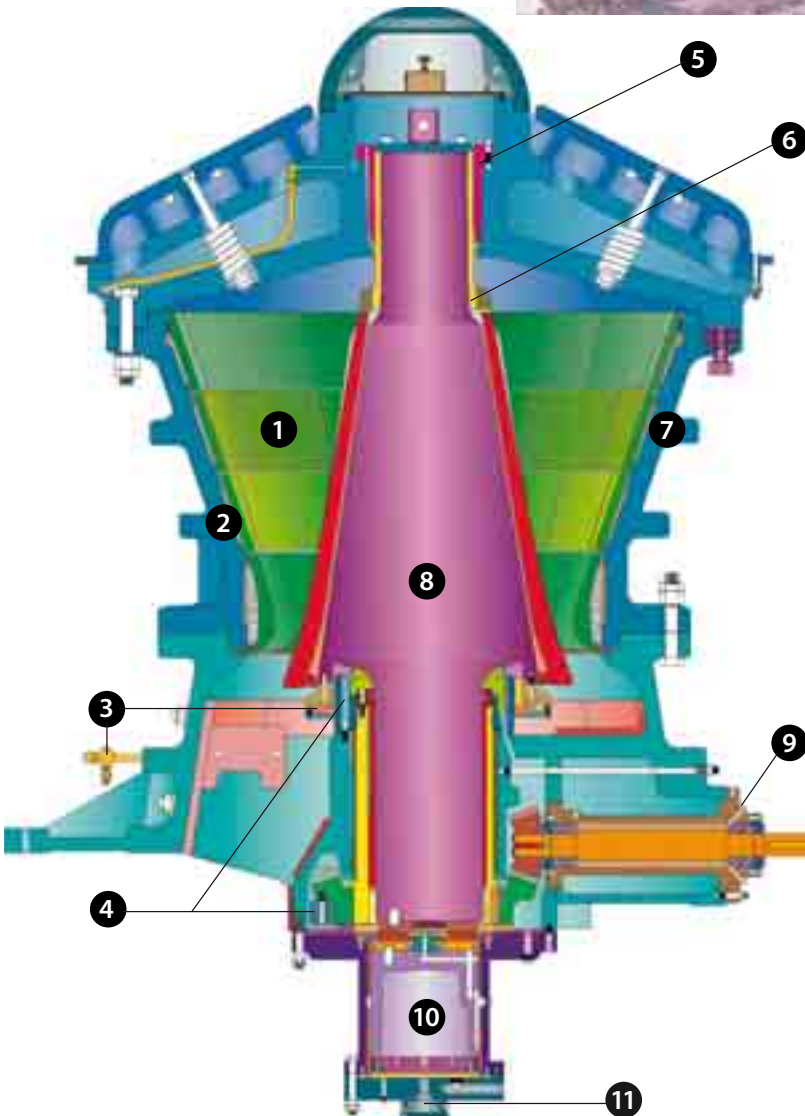
**Características de la trituradora giratoria SUPERIOR MK-II**



Equipos de trituración

1. **Cámaras de trituración** adaptadas a cada aplicación individual, optimizando el rendimiento de trituración.
2. **Piezas de desgaste de acero al manganeso** como estándar - forros opcionales de aleación acero cromo.
3. **Sello de polvo eficiente** - equipado con soplador de aire de alta presión para impedir la entrada de polvo en el excéntrico y el accionamiento, alargando la vida útil de los rodamientos.
4. **Diseño contrabalanceado**, ideal para todas aplicaciones, móviles o fijas, minimiza los esfuerzos transmitidos a la estructura de soporte.
5. **El casquillo y el sello de la araña** se pueden reemplazar sin remover la araña - reduciendo la mano de obra, tiempo, equipo, y pérdidas de producción debido a paradas.
6. **Eje principal integral de servicio pesado** con manguito roscado, patentado, de aleación de acero, reduce esfuerzos en el eje principal.
7. **Carcasas de alta resistencia**, comprobadas en las aplicaciones más severas, aseguran operación sin problemas y larga vida útil.

8. **Eje principal y sección cónica** forjados en una pieza sola integral, eliminando la posibilidad del cono se separar durante la operación.
9. **Ajuste exterior patentado del engranaje de piñón y corona.**
10. **Sistema de posicionamiento del eje principal** proporciona el ajuste fácil del eje principal para compensar el desgaste del forro y controlar el tamaño del producto.
11. Las trituradoras SUPERIOR MK-II **llevan un sensor interno de la posición del eje** que indica directamente la posición del eje principal, permitiendo al operador mantener el reglaje de la trituradora y monitorear el desgaste de los forros.



**Capacidades de las trituradoras Superior MK-II en toneladas métricas por hora (tmph)**

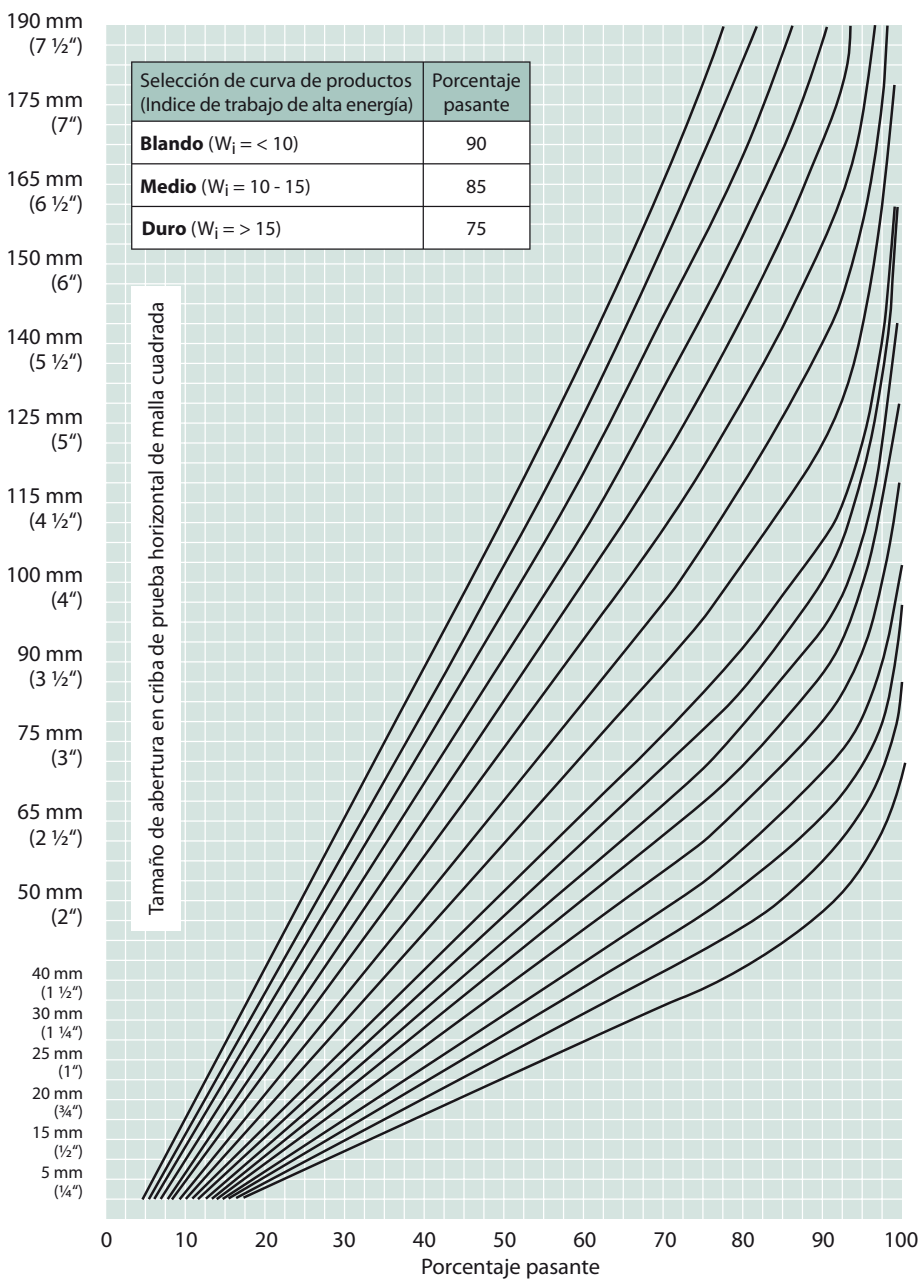
Tamaño	Abertura de alimentación	Piñón rpm	Reglajes del lado abierto de la abertura de descarga – Milímetros (Pulgadas)													
			Máx. KW	125 mm (5")	140 mm (5 ½")	150 mm (6")	165 mm (6 ½")	175 mm (7")	190 mm (7 ½")	200 mm (8")	215 mm (8 ½")	230 mm (9")	240 mm (9 ½")	250 mm (10")		
42-65	1.065 (42)	600	375 (500)		1.635 (1.800)	1.880 (2.075)	2.100 (2.315)	2.320 (2.557)								
50-65	1.270 (50)	600	375 (500)			2.245 (2.475)	2.625 (2.895)	2.760 (3.040)								
54-75	1.370 (54)	600	450 (600)			2.555 (2.820)	2.855 (3.145)	3.025 (3.335)	3.215 (3.545)	3.385 (3.735)						
62-75	1.575 (62)	600	450 (600)			2.575 (2.840)	3.080 (3.395)	3.280 (3.615)	3.660 (4.035)	3.720 (4.205)						
60-89	1.525 (60)	600	600 (800)				4.100 (4.520)	4.360 (4.805)	4.805 (5.295)	5.005 (5.520)	5.280 (5.820)	5.550 (6.115)				
60-110	1.525 (60)	600	1.000 (1.400)					5.575 (6.150)	5.845 (6.440)	6.080 (6.705)	6.550 (7.220)	6.910 (7.620)	7.235 (7.975)	7.605 (8.385)		

Nota: Las capacidades arriba están basadas en el presupuesto de que el 100 % de la alimentación pasa el 80% de la abertura de alimentación, el 80 % de la alimentación pasa el 50% de la abertura de alimentación y el 30 % de la alimentación pasa una malla de tamaño equivalente al 10 % del tamaño máximo. Las capacidades son para un material de alimentación con una densidad average de 1,6 t/m<sup>3</sup> (100 libras por pie cúbico). Las capacidades han sido calculadas con la excentricidad máxima de cada trituradora.

**Especificaciones técnicas**

Modelo		42-65	50-65	54-75	62-75	60-89	60-110
Abertura de alimentación	mm	1.065	1.270	1.370	1.575	1.525	1.525
	pulgadas	42	50	54	62	60	60
Peso total	kg	119.400	153.300	242.200	302.500	398.300	588.100
	libras	263.300	338.000	534.000	666.800	878.000	1.296.600
Eje completo	kg	23.000	28.120	38.600	42.200	66.200	102.600
	libras	50.600	62.000	85.000	93.000	146.000	226.200
Conjunto más pesado (Carcasa superior con forro)	kg	29.570	29.570	62.140	62.140	82.780	142.430
	libras	65.200	65.200	137.000	137.000	182.500	314.000
Potencia (eléctrica)	kW	375	375	450	450	600	1.000
	cv	500	500	600	600	800	1.400
Velocidad del piñón	rpm	600	600	600	600	600	600

TRITURADORAS GIRATORIAS SUPERIOR MK-II  
- GRANULOMETRIA DEL PRODUCTO





## Trituradoras de cono serie GP



### La trituradora de cono para satisfacer los requisitos de producción

Metso Minerals, la empresa líder mundial en el procesamiento de rocas y minerales lleva instaladas cerca de 3.000 trituradoras de cono GP desde la década de 70. La trituradora de cono GP con sus innovadoras características y rendimiento superior es la trituradora preferida de muchos productores de áridos en el mundo entero.

La construcción robusta está basada en un eje

principal apoyado en dos puntos que permite cavidades con ángulo de inclinación pronunciado y alto rendimiento. El eje principal está apoyado en un cilindro hidráulico que bloquea o acciona un movimiento vertical ascendente o descendente del eje principal para regular automáticamente y continuamente el proceso de trituración bajo carga. Esta construcción robusta permite un alto rendimiento de trituración debido a los altos niveles de potencia y fuerza de trituración utilizados.

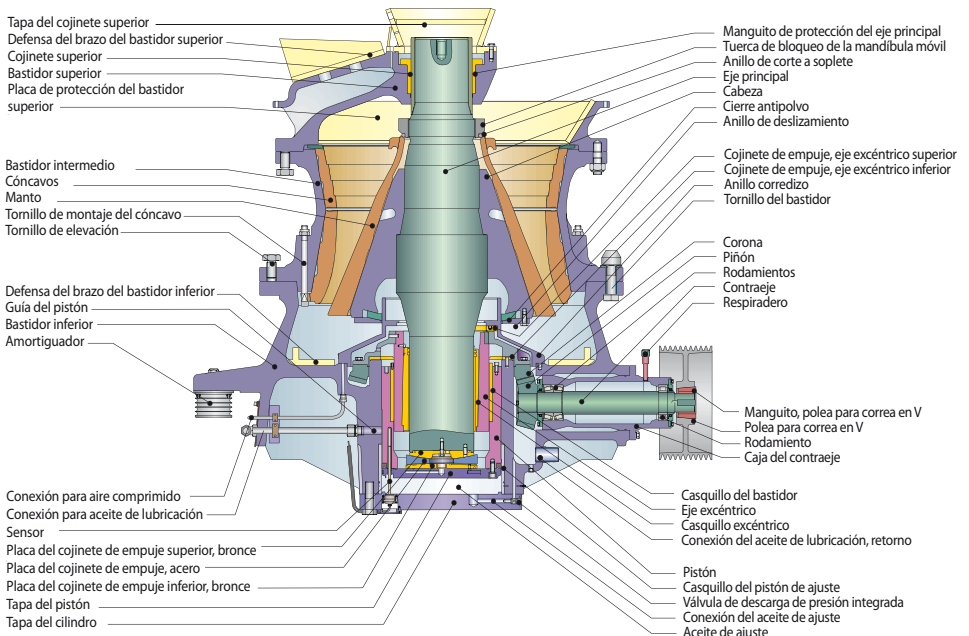
La serie GP incluye modelos S que han sido especialmente concebidos para aplicaciones de trituración secundaria o primaria (grava) poco exigentes en costes. Las trituradoras GP-S proporcionan una abertura de alimentación máxima para una operación sin perturbaciones con material de alimentación de gran tamaño, asegurando un tamaño constante y fácil de procesar para el resto de la planta.

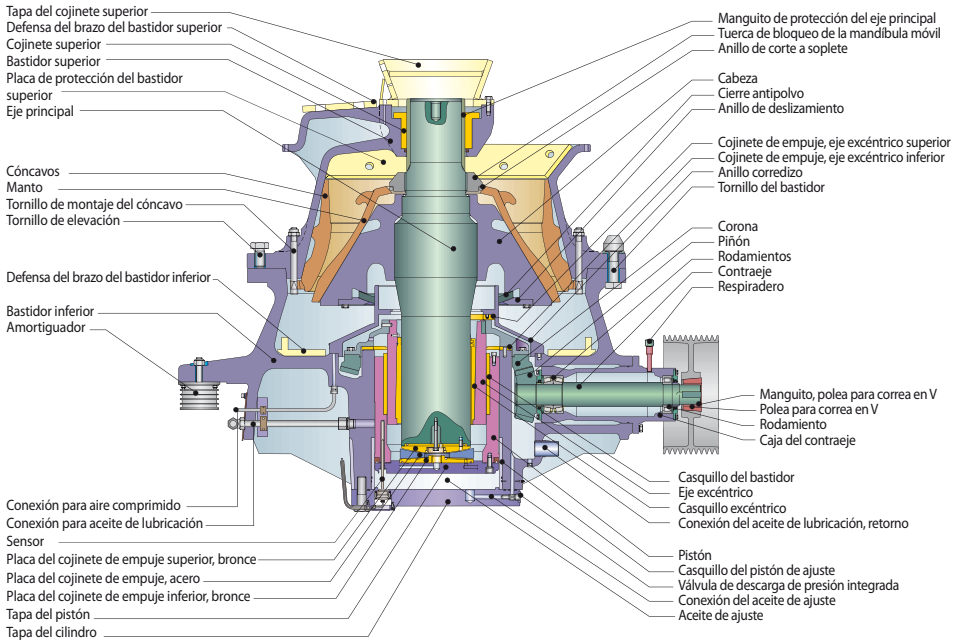
### Alta producción y fiabilidad – Know-how superior en trituración por compresión

Metso Minerals usa recursos significantes en la investigación y desarrollo de la trituración por compresión en su planta de ensayo propia y en el estudio las operaciones de sus clientes en distintos tipos de aplicaciones en el mundo entero. Las conclusiones de ese trabajo de investigación están materializadas en las soluciones usadas en las trituradoras de cono GP.

Equipos de trituración

## Trituradoras secundarias GP



**Trituradora de cono GP para trituración fina**


Las trituradoras de cono GP se pueden adaptar fácilmente a distintos tipos de requisitos de producción, cambiando las cavidades, excentricidad, velocidad del contraeje y varios métodos de control. Los expertos de servicio a clientes de Metso Minerals tienen el know-how que les permite recomendar los parámetros óptimos para maximizar la producción de los productos finales deseados, satisfaciendo los niveles de calidad requeridos.

La construcción sencilla y robusta del eje apoyado en dos puntos asegura la fiabilidad mecánica. El sistema de control automático IC50 monitorea continuamente la carga de la trituradora y los parámetros de operación para asegurar condiciones de operación óptimas, maximizando la disponibilidad.



2. Trituradora Nordberg GP500S operando como trituradora secundaria después de una trituradora primaria C160.



1. Tres trituradoras GP500 operando en una cantera de 4,2 millones de toneladas al año, produciendo agregados de alta calidad en Noruega.



3. Planta de trituración de tres etapas montada sobre orugas, con trituradoras de cono GP secundaria y terciaria.

### **Características que añaden valor e innovaciones**

#### *Ajuste dinámico del reglaje*

El reglaje de la trituradora se puede ajustar continuamente bajo carga, basándose en la medición de la potencia requerida o de la fuerza de trituración controlada por el sistema de control automático IC50 (estándar para GP200/S, GP300/S, GP550, GP500S, opcional para los demás modelos). Con el sistema de control automático se puede seleccionar entre dos modos de operación. Las opciones son el modo de reglaje o modo de carga. Con el modo de reglaje, la trituradora mantiene un reglaje constante. Con el modo de carga el sistema IC50 ajusta el reglaje buscando mantener alta potencia y fuerza de trituración, maximizando el trabajo de trituración.

#### *Rendimiento estable a lo largo de la vida útil del forro*

Debido al diseño de la cavidad se mantiene la abertura de alimentación y se minimiza el cambio de perfiles de piezas de desgaste a lo largo de la vida útil del forro, lo que asegura una capacidad de producción constante de la trituradora y operación estable de planta durante la vida útil de las piezas de desgaste.

#### *Altura de montaje reducida debido al diseño patentado del pistón (se aplica a los modelos GP200/S, GP300/S, GO550, GP500S)*

Las trituradoras de cono GP y GP-S tienen un pistón con diseño patentado. La principal ventaja de su diseño es una baja altura de montaje. La menor altura de montaje reduce los costes de instalación ya que permite estructuras de soporte más pequeñas y cintas transportadoras más cortas, haciendo que las trituradoras de cono GP y GP-S sean una excelente solución para aplicaciones móviles.

#### *El sistema IC50 como parte estándar de la entrega (se aplica a las trituradoras GP200/S, GP300/S, GO550, GP500S)*

El sistema de automatización IC50 es fácil de

usar, maximiza la producción y asegura una operación sin problemas y una instalación inicial sencilla. El sistema IC50 controla todas las funciones relacionadas con la trituradora de cono, por ejemplo, el reglaje – carga, capacidad de alimentación, lubricación, calentamiento y enfriamiento de aceite, secuencias de puesta en marcha y de parada correctas.

#### *Se pueden usar algunos modelos GP como trituradoras secundarias, terciarias y cuaternarias, cambiando el forro*

Las trituradoras de cono GP se pueden usar en distintas aplicaciones mediante el cambio de los forros. Cada modelo tiene una excelente gama de forros optimizados para asegurar una operación ideal en distintos tipos de aplicaciones.

#### *Se puede operar con alimentación on/off*

Debido a la cinemática de la trituradora, giro reducido de la cabeza cuando el equipo funciona en vacío y las largas cavidades, las trituradoras GP y GP-S pueden operar con alimentación parcial. Debido a esta característica las trituradoras de cono GP y GP-S son equipos excelentes para aplicaciones donde no es posible asegurar alimentación plena de la cámara – por ejemplo, plantas móviles con dos etapas de trituración sin pila de compensación entre las trituradoras primaria y secundaria.

#### *No necesita de material de soporte para fijar el forro*

Las trituradoras de cono GP y GP-S no necesitan material de soporte para fijar el forro. Así, los cambios de forro resultan más rápidos y los costes reducidos ya que no es necesario manejar material de soporte.

#### *Mantenimiento fácil – todo servicio por la parte superior*

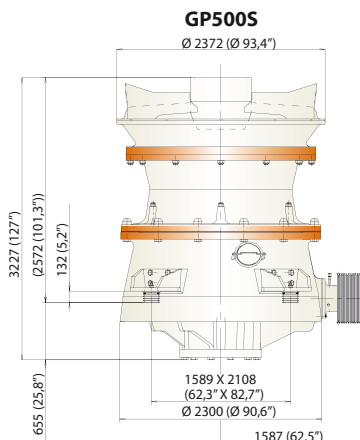
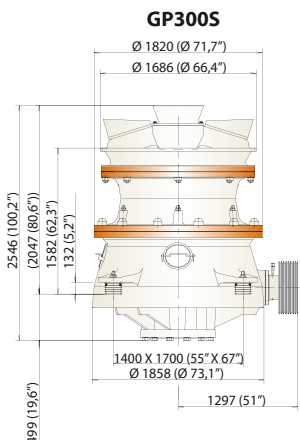
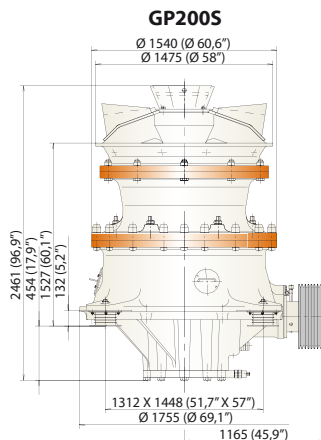
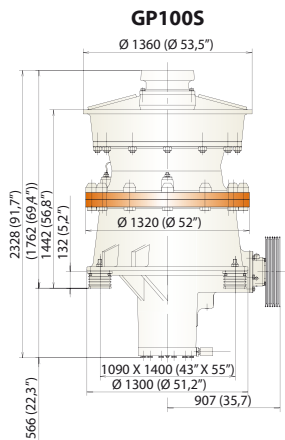
Las trituradoras de cono GP y GP-S se pueden desmontar por la parte superior. Se pueden izar todos los componentes pesados, asegurando un desmontaje fácil y seguro.

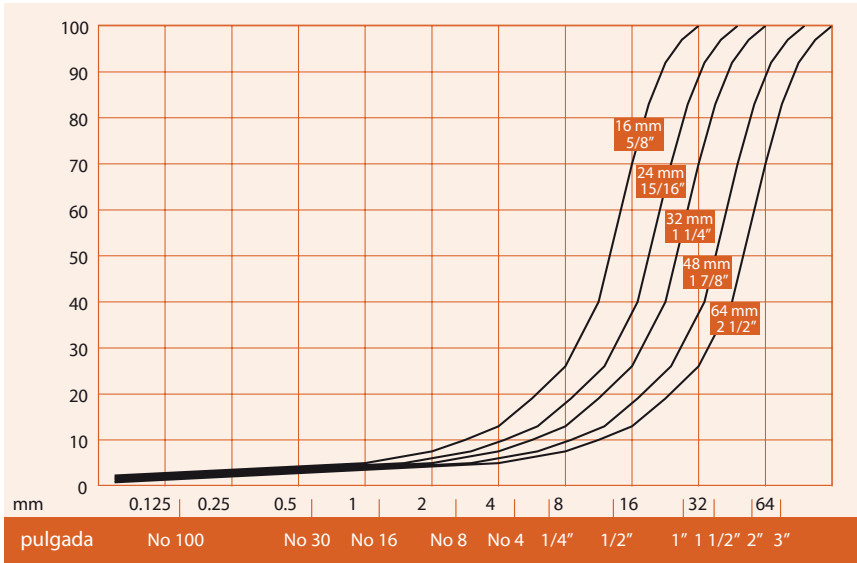
**Especificaciones técnicas, Trituradoras de cono GP para trituración secundaria**

Trituradora	GP100S	GP200S	GP300S	GP500S
<b>Potencia del motor</b>	75 - 90 kW 100 - 125 CV	110 - 160 kW 150 - 250 CV	132 - 250 kW 200 - 350 CV	200 - 315 kW 250 - 400 CV
<b>Excentricidades</b>	16, 20, 25 mm $\frac{5}{8}$ , $\frac{3}{4}$ , 1	18, 25, 28, 32, 36 mm $\frac{3}{4}$ , 1, 1 $\frac{1}{8}$ , 1 $\frac{1}{4}$ , 1 $\frac{1}{2}$ "	18, 25, 28, 32, 36, 40 mm $\frac{3}{4}$ , 1, 1 $\frac{1}{8}$ , 1 $\frac{1}{4}$ , 1 $\frac{1}{2}$ , 1 $\frac{3}{8}$ "	18, 25, 28, 32, 36, 40 mm $\frac{3}{4}$ , 1, 1 $\frac{1}{8}$ , 1 $\frac{1}{4}$ , 1 $\frac{1}{2}$ , 1 $\frac{3}{8}$ "
<b>Altura máx. durante el cambio de los forros</b>	2.500 kg 5.600 lb	3.500 kg 7.700 lb	5.200 kg 11.500 lb	11.000 kg 24.300 lb
<b>Peso total (aprox.)</b>	7.350 kg 16.200 lb	10.900 kg 24.000 lb	16.000 kg 35.300 lb	33.000 kg 72.500 lb

**Abertura nominal de alimentación, Trituradoras de cono GP para trituración secundaria**

Cavidad	Trituradora	GP100S	GP200S	GP300S	GP500S
<b>M</b>		200 mm 8"			
<b>C</b>		250 mm 10"	250 mm 10"	280 mm 11"	380 mm 15"
<b>EC</b>			330 mm 13"	380 mm 15"	500 mm 20"

**Dimensiones principales, Trituradoras de cono GP para trituración secundaria**


**Curvas granulométricas indicativas**


Equipos de trituración

**Capacidades indicativas de las trituradoras,  
Trituradoras de cono GP para trituración secundaria**

<b>GP100S</b>		<b>Capacidad tmph</b>					
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>20 mm</b>	<b>25 mm</b>	<b>30 mm</b>	<b>35 mm</b>	<b>40 mm</b>	<b>45 mm</b>
Excentricidad	16 mm	80-90	105-115	120-130	135-145	145-165	155-175
Excentricidad	20 mm		120-130	145-155	160-180	170-200	185-215
Excentricidad	25 mm			185-195	200-220	210-230	

		<b>Capacidad tcph</b>					
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>¾"</b>	<b>1"</b>	<b>1 ¼"</b>	<b>1 ½"</b>	<b>1 ¾"</b>	<b>2"</b>
Excentricidad	5/8"		115-125	135-145	155-170	160-190	
Excentricidad	¾"		135-145	165-175	190-215	200-230	
Excentricidad	1"			200-220	235-260		

<b>GP200S</b>		<b>Capacidad tmph</b>						
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>20 mm</b>	<b>25 mm</b>	<b>30 mm</b>	<b>35 mm</b>	<b>40 mm</b>	<b>45 mm</b>	<b>50 mm</b>
Excentricidad	18 mm		110-140	140-170	160-190	180-210	200-230	230-260
Excentricidad	25 mm			170-220	190-240	210-260	230-280	
Excentricidad	32 mm				230-280	270-320	280-350	

		<b>Capacidad tcph</b>						
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>¾"</b>	<b>1"</b>	<b>1 ¼"</b>	<b>1 ½"</b>	<b>1 ¾"</b>	<b>2"</b>	
Excentricidad	¾"		130-160	155-185	180-210	200-230	250-280	
Excentricidad	1"			200-250	225-275	250-275		
Excentricidad	1 ¼"				260-310	310-380		

Los datos de capacidad y reglaje mínimo son indicativos para materiales con densidad aparente de 1,6 t/m<sup>3</sup> (100 lb/ft<sup>3</sup>). En la práctica los resultados varían según el material de alimentación, granulometría, tipo de roca, contenido de humedad, etc.

GP300S		Capacidad tmph						
	Reglaje (r.l.c.)	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm	40 mm	45 mm	50 mm
Excentricidad	18 mm		170-190	170-210	190-230	210-255	235-275	255-295
Excentricidad	25 mm				255-315	290-345	320-350	
Excentricidad	32 mm				360-400	380-420	400-440	
Excentricidad	40 mm					450-500	480-530	

		Capacidad tcph						
	Reglaje (r.l.c.)	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	1 ¾"	2"	
Excentricidad	¾"		200-220	190-240	225-270	255-300	285-320	
Excentricidad	1"			260-320	300-350	350-400	385	
Excentricidad	1 ¼"				380-430	430-480		
Excentricidad	1 ⅝"					500-550		

GP500S		Capacidad tmph							
	Reglaje (r.l.c.)	45 mm	50 mm	55 mm	60 mm	65 mm	70 mm	75 mm	80 mm
Excentricidad	18 mm	300-350	325-375	375-425	400-450	425-475	450-500	500-550	550-600
Excentricidad	25 mm		500-550	550-600	600-650	650-700	700-750	750-800	
Excentricidad	32 mm		650-700	700-750	750-800	825-875	900-950	950-1.000	

		Capacidad tcph							
	Reglaje (r.l.c.)	1 ½"	1 ¾"	2"	2 ¼"	1 ½"	2 ¾"	2"	3 ¼"
Excentricidad	¾"		330-380	350-400	400-460	460-520	520-580	560-620	620-680
Excentricidad	1"			550-600	620-680	580-740	750-810	840-900	
Excentricidad	1 ¼"			(720-780)	800-860	860-920	940-1.000	1.040-1.100	

Los datos de capacidad y reglaje mínimo son indicativos para materiales con densidad aparente de 1,6 t/m<sup>3</sup> (100 lb/ft<sup>3</sup>). En la práctica los resultados varían según el material de alimentación, granulometría, tipo de roca, contenido de humedad, etc.

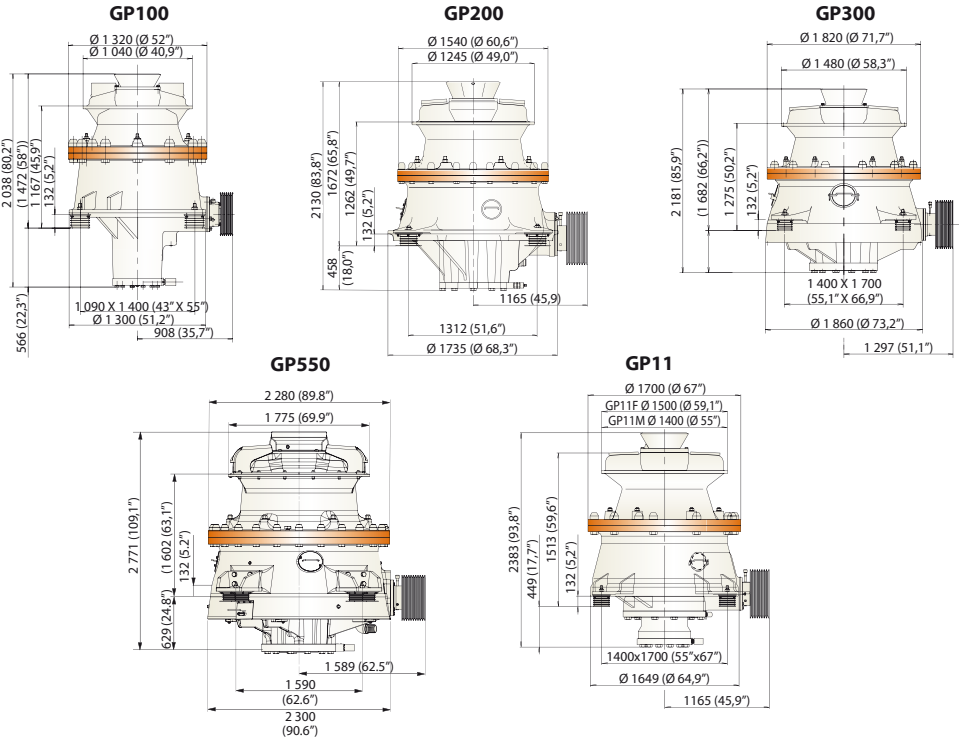
### Especificaciones técnicas, Trituradoras de cono GP para trituración fina

Trituradora	GP100	GP200	GP300	GP550	GP11F	GP11M
<b>Potencia del motor</b>	75 - 90 kW 100 - 125 CV	110 - 160 kW 150 - 250 CV	160 - 250 kW 250 - 300 CV	250 - 315 kW 300 - 400 CV	132 - 160 kW 300 - 400 CV	132 - 160 kW 300 - 400 CV
<b>Excentricidades</b>	16, 20, 25 mm ⅝, ¾, 1"	18, 25, 28, 32, 36, 40 mm ¾, 1, 1 ⅛, 1 ¼, 1 ½, 1 ⅝"	25, 28, 32, 36, 40 mm 1, 1 ⅛, 1 ¼, 1 ½, 1 ⅝"	25, 28, 32, 36, 40 mm 1, 1 ⅛, 1 ¼, 1 ½, 1 ⅝"	20, 25, 30 mm ¾, 1, 1 ¼"	20, 25, 30 mm ¾, 1, 1 ¼"
<b>Altura máx. durante el cambio de los forros</b>	1.600 kg 3.500 lb	3.500 kg 7.700 lb	3.200 kg 7.100 lb	6.100 kg 13.500 lb	2.700 kg 6.000 lb	3.000 kg 6.600 lb
<b>Peso total (aprox.)</b>	5.700 kg 12.600 lb	9.100 kg 20.000 lb	13.100 kg 28.900 lb	25.000 kg 55.100 lb	10.500 kg 23.200 lb	11.500 kg 25.300 lb

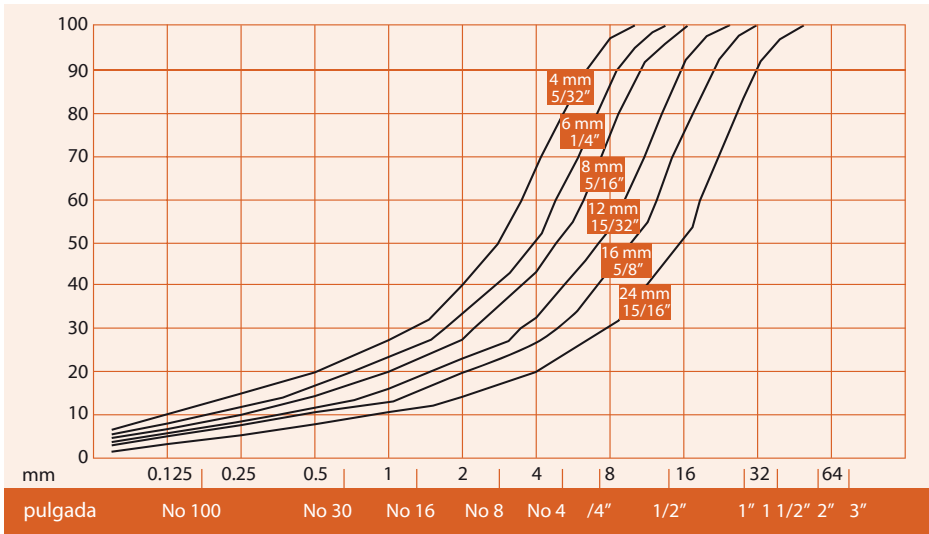
### Abertura nominal de alimentación, Trituradoras de cono GP para trituración fina

Trituradora / Cavidad	GP100	GP200	GP300	GP550	GP11F	GP11M
<b>EF</b>	40 mm 1 ½"	40 mm 1 ½"	40 mm 1 ½"	65 mm 2 ½"	40 mm 1 ½"	-
<b>F</b>	50 mm 2"	70 mm 2 ¾"	60 mm 2 ½"	55 mm 2 ¼"	80 mm 3"	-
<b>MF</b>	100 mm 4"	-	100 mm 4"	115 mm 4 ½"	-	-
<b>M</b>	130 mm 5"	130 mm 5"	130 mm 5"	150 mm 6"	120 mm	-
<b>C</b>	150 mm 6"	-	180 mm 7"	190 mm 7 ½"	200 mm 8"	180 mm 7"
<b>EC</b>	-	210 mm 8 ½"	260 mm 10"	300 mm 12"	-	220 mm 9"

Nota: EF= extra fino, F = fino, MF – medio fino M = medio, C = grueso, EC = extra grueso.

**Dimensiones principales, Trituradoras de cono GP para tritución fina**


Equipos de tritución

**Curvas granulométricas indicativas, Trituradoras de cono GP para tritución fina**


**Capacidades indicativas de las trituradoras, Trituradoras de cono GP para trituración fina**

<b>GP 100</b>								
<b>Capacidad tmph</b>								
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>7 mm</b>	<b>10 mm</b>	<b>13 mm</b>	<b>16 mm</b>	<b>19 mm</b>	<b>22 mm</b>	<b>25 mm</b>
Excentricidad	16 mm	35-45	45-55	55-65	65-75	75-85	80-90	85-95
Excentricidad	20 mm	45-50	50-60	60-70	70-85	90-100	100-110	
Excentricidad	25 mm		55-65	65-75	75-90	100-115		

<b>Capacidad tcph</b>								
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>¼"</b>	<b>⅜"</b>	<b>½"</b>	<b>⅝"</b>	<b>¾"</b>	<b>7/8"</b>	<b>1"</b>
Excentricidad	⅝"	40-50	50-60	55-65	65-75	70-80	80-90	90-100
Excentricidad	¾"		55-65	65-75	75-85	85-95	100-110	
Excentricidad	1"		65-75	75-85	90-105	110-125		

<b>GP 200</b>								
<b>Capacidad tmph</b>								
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>8 mm</b>	<b>10 mm</b>	<b>15 mm</b>	<b>20 mm</b>	<b>25 mm</b>	<b>30 mm</b>	<b>33 mm</b>
Excentricidad	18 mm	60-70	70-90	80-105	100-125	135-150	160-175	170-185
Excentricidad	25 mm		90-110	110-130	130-155	160-180	185-210	
Excentricidad	32 mm			140-160	170-190	190-220		
Excentricidad	40 mm				200-220	220-240		

<b>Capacidad tcph</b>								
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>5/16"</b>	<b>13/32"</b>	<b>19/32"</b>	<b>13/16"</b>	<b>1"</b>	<b>1 ¼"</b>	<b>1 ⅜"</b>
Excentricidad	¾"	65-80	80-100	90-115	110-140	150-165	180-195	190-205
Excentricidad	1"		100-120	120-140	145-170	180-200	205-235	
Excentricidad	1 ¼"			155-175	185-205	210-240		
Excentricidad	1 ⅝"				210-240	230-260		

<b>GP 300</b>										
<b>Capacidad tmph</b>										
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>8 mm</b>	<b>12 mm</b>	<b>16 mm</b>	<b>20 mm</b>	<b>24 mm</b>	<b>28 mm</b>	<b>32 mm</b>	<b>36 mm</b>	<b>40 mm</b>
Excentricidad	25 mm	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-245	245-265	265-290
Excentricidad	32 mm	100-130	130-160	170-200	195-225	220-250	250-280	275-305	305-335	
Excentricidad	40 mm		160-190	215-245	245-275	280-310	315-345	335-365		

<b>Capacidad tcph</b>										
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>⅜"</b>	<b>½"</b>	<b>⅝"</b>	<b>¾"</b>	<b>7/8"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/8"</b>	<b>1 ¼"</b>	<b>1 ½"</b>
Excentricidad	1"	110-140	135-165	150-180	165-195	175-205	205-230	225-250	240-270	260-290
Excentricidad	1 ¼"	150-170	170-190	190-210	210-240	250-270	275-295	300-320	310-330	330-360
Excentricidad	1 ⅝"	180-190	195-215	215-235	260-290	305-325	235-355	365-385	380-400	395-415

<b>GP 550</b>										
<b>Capacidad tmph</b>										
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>8 mm</b>	<b>12 mm</b>	<b>16 mm</b>	<b>20 mm</b>	<b>24 mm</b>	<b>30 mm</b>	<b>35 mm</b>	<b>40 mm</b>	<b>45 mm</b>
Excentricidad	25 mm	150-170	165-185	190-210	230-250	250-270	280-300	320-340	340-370	370-390
Excentricidad	32 mm		200-220	230-250	270-290	300-330	370-390	420-430	470-490	
Excentricidad	40 mm		230-250	260-280	320-350	375-405	420-450	470-500		

<b>Capacidad tcph</b>										
	<b>Reglaje (r.l.c.)</b>	<b>⅜"</b>	<b>½"</b>	<b>⅝"</b>	<b>¾"</b>	<b>7/8"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/8"</b>	<b>1 ¼"</b>	<b>1 ½"</b>
Excentricidad	1"	160-180	175-195	200-220	215-240	230-260	250-280	270-300	320-350	360-390
Excentricidad	1 ¼"	195-215	225-245	250-280	270-300	290-310	310-330	330-350	350-370	370-400
Excentricidad	1 ⅝"		250-280	280-300	330-360	360-390	390-420	420-450	450-480	500-550

Los datos de capacidad y reglaje mínimo son indicativos para materiales con densidad aparente de 1,6 t/m<sup>3</sup> (100 lb/ft<sup>3</sup>). En la práctica los resultados varían según el material de alimentación, granulometría, tipo de roca, contenido de humedad, etc.



**GP 11 F** Capacidad tmph

	Reglaje (r.l.c.)	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	33 mm
Excentricidad	20 mm	80-100	85-105	105-125	120-145	150-170	(170-190)	
Excentricidad	25 mm		100-120	130-150	160-180	180-210		
Excentricidad	30 mm			160-180	190-210	(210-230)		

Capacidad tcph

	Reglaje (r.l.c.)	5/16"	13/32"	19/32"	13/16"	1"	1 3/16"	1 5/16"
Excentricidad	3/4"	85-105	95-115	120-140	130-155	165-185	(185-205)	
Excentricidad	1"		110-130	140-175	175-195	195-225		
Excentricidad	1 1/4"			175-195	210-230	(230-250)		

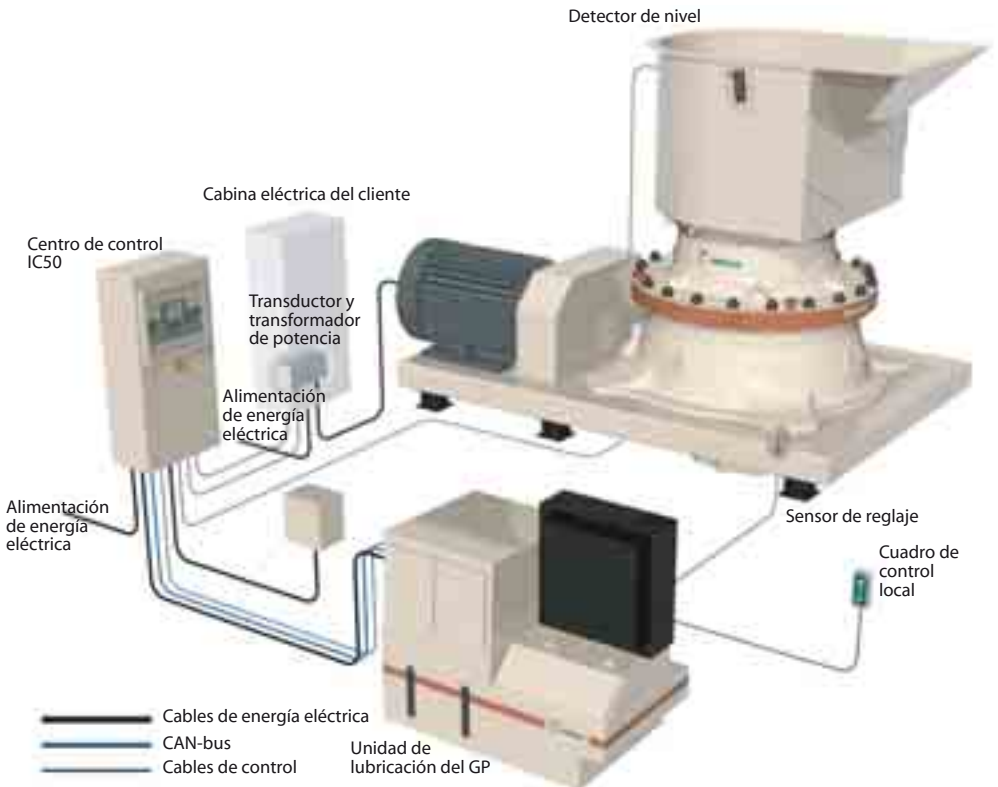
**GP 11 M** Capacidad tmph

	Reglaje (r.l.c.)	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm	40 mm	45 mm
Excentricidad	20 mm	105-125	120-145	150-170	170-190	180-200	200-220	220-250
Excentricidad	25 mm		160-180	180-210	200-230	220-250	250-280	280-310
Excentricidad	30 mm		190-210	210-230	240-270	270-310	300-340	330-360

Capacidad tcph

	Reglaje (r.l.c.)	19/32"	13/16"	1"	1 3/16"	1 3/8"	1 9/16"	1 3/4"
Excentricidad	3/4"	120-140	130-155	165-185	185-205	200-220	220-240	240-275
Excentricidad	1"		175-195	195-225	220-250	230-270	270-300	300-340
Excentricidad	1 1/4"		210-230	230-250	260-295	295-340	330-370	360-390

Los datos de capacidad y reglaje mínimo son indicativos para materiales con densidad aparente de 1,6 t/m<sup>3</sup> (100 lb/ft<sup>3</sup>). En la práctica los resultados varían según el material de alimentación, granulometría, tipo de roca, contenido de humedad, etc.





### Productividad

El diseño innovador de las trituradoras de la Serie MP incorpora la más avanzada tecnología de proceso para producir la mayor fuerza de trituración en la industria. Con tecnología comprobada en exigentes operaciones de minería, las trituradoras MP1000 y MP800 pueden procesar más mineral con una tasa de reducción igual o la misma cantidad de mineral con una tasa de reducción más fina que cualquier otra unidad competitiva. Todavía, han sido proyectadas para instalación en un cimiento igual que para una trituradora de cono Symons de 7 pies, lo que significa mayor productividad con ahorros sustanciales en los costes de modificación de la planta o construcción civil y cimientos.

### Consistencia

Desempeño consistente significa una trituradora capaz de aceptar variación y generar uniformidad. Se puede confiar en la trituradora MP para producir consistencia sin igual gracias a sus características. Los controles hidráulicos permiten que las trituradoras mantengan el reglaje constante mientras obtienen tasas de reducción excepcionalmente altas. Su taza giratoria proporciona desgaste uniforme en la cámara de trituración mientras permite uniformidad del reglaje de la trituradora y reducción consistente. El sistema automático de protección contra intriturables permite el paso de esos materiales sin parar la trituradora y asegura el retorno instantáneo al reglaje de producción, manteniendo

la reducción uniforme. Cada una de estas características también contribuye a un uso eficiente de la energía de trituración, haciendo más rentable toda la operación de minería.

### Adaptabilidad

La Serie MP ha sido diseñada para operar a varias velocidades y con distintas combinaciones de cámaras para satisfacer una amplia gama de requisitos. Una cabeza sola para todas las cámaras alarga aun más el rango de aplicaciones, reduciendo los stocks de repuestos. La amplia, no restringida, apertura de alimentación de la trituradora con su alto punto de giro, resulta en una apertura de alimentación activa capaz de adaptarse a tamaños de alimentación más grandes. Esta es una característica crítica para trituración secundaria o de guijarros donde el tamaño de alimentación puede variar drásticamente. Además, los repuestos en común y la posibilidad de la taza de cabeza corta aceptar alimentaciones gruesas significan bajos costes de repuestos en stock.

### Fiabilidad

El tiempo perdido en desmontaje y mantenimiento es tiempo perdido en la producción. Las trituradoras MP1000 y MP800 incorporan características tales como el desatascado hidráulico de la cavidad y el ajuste fácil del reglaje. Estas características minimizan el tiempo de parada y aseguran que las trituradoras estarán disponibles siempre que necesario. La Serie MP ofrece sencili-

llez de mantenimiento con componentes fáciles para el usuario. Pulse un botón y vea como la trituradora ajusta el reglaje o se desmonta para mantenimiento. Todos los aspectos de la Serie MP han sido concebidos para maximizar la eficiencia económica de las operaciones.

### Producción uniforme

La taza giratoria de la Serie MP compensa la alimentación segregada o tasas irregulares de alimentación y permite la operación de la trituradora, incluso bajo condiciones en que no es posible mantener la alimentación plena de la cámara. El desgaste uniforme en la cavidad impide restricciones localizadas de la abertura de alimentación, mantiene un reglaje uniforme de la trituradora y asegura una reducción consistente del producto. El ajuste hidráulico del motor y del engranaje de accionamiento proporciona un control más fino del reglaje, el cual se puede ajustar fácilmente bajo carga para compensar el desgaste de los forros sin interrumpir la alimentación.

### Alta disponibilidad

El sistema hidráulico totalmente automático de protección contra intritrables permite el paso instantáneo de estos materiales. El sistema mantiene la fuerza de trituración y reajusta automáticamente la trituradora para el reglaje de producción después del paso de un intriturable. En ninguna otra trituradora hay un sistema automático de protección contra intritrables tan fiable como en la Serie MP. La disponibilidad de la trituradora resulta aún mayor gracias a su sistema hidráulico

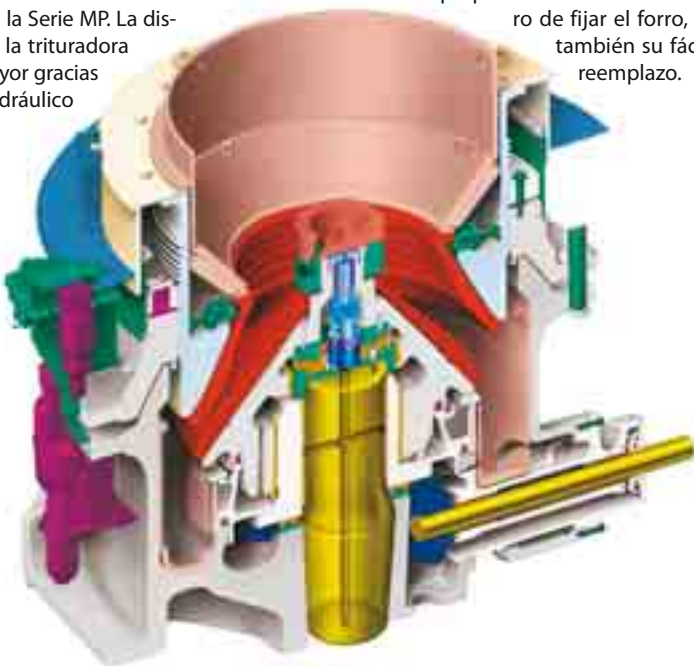
de desatascado. Su amplia excentricidad vertical permite que el material descienda sin dificultad. Y esta alta capacidad de protección contra intritrables y de desatascado de la cámara se mantiene inalterada a lo largo de la vida útil de los forros. La rotación hidráulica de la taza proporciona vaciado adicional, cuando necesario.

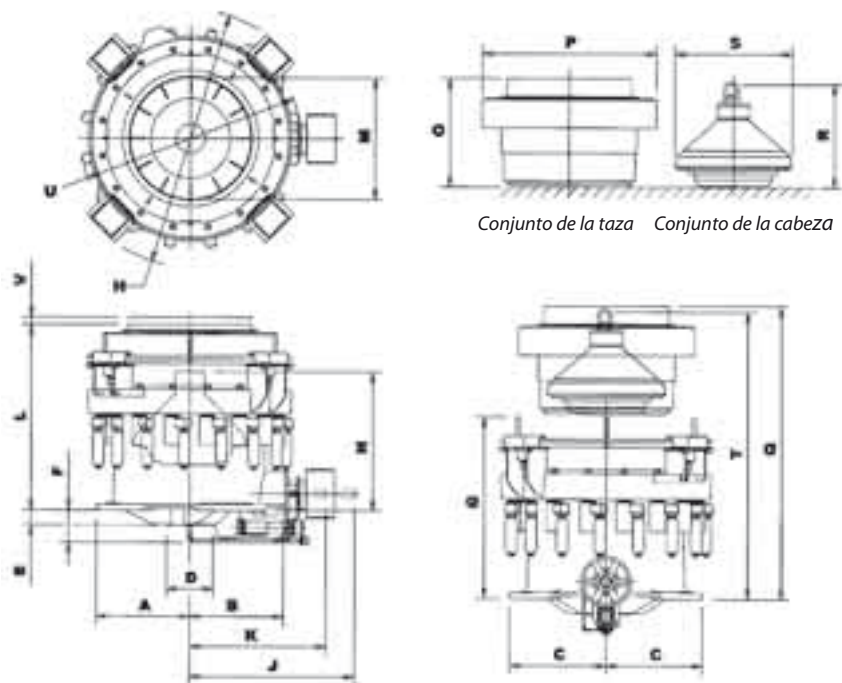
### Operación fácil

Las trituradoras MP1000 y MP800 son muy fáciles de operar gracias a los controles por botones de contacto. El motor hidráulico permite el ajuste del reglaje mediante pequeños incrementos para compensar el desgaste. También se pueden hacer los ajustes mediante un sistema de control de mandos a distancia. Además, los nuevos sensores de "fuerza" introducidos de forma pionera por Metso Minerals indican que la operación segura continúa tras el comienzo del ajuste del reglaje activado por el operador o el sistema inteligente de control.

### Mantenimiento sencillo

La Serie MP lleva un sistema de desmontaje por botón de contacto para mantenimiento de rutina. Cuando necesario, se pueden reemplazar componentes modulares con la máxima facilidad. El uso generalizado de casquillos de bronce asegura una gran resistencia a los esfuerzos de trituración bajo condiciones extremas de trituración en ambientes adversos. El sistema comprobado de sujeción "por cuña" del forro de la taza proporciona un método sencillo y seguro de fijar el forro, permitiendo también su fácil y eficiente reemplazo.





Conjunto de la taza    Conjunto de la cabeza

Cotas	MP800		MP1000	
	Estándar	Cabeza corta	Estándar	Cabeza corta
A. Distancia entre la línea de eje de la trituradora y la brida del bastidor principal	1.750 mm (5'8-7/8")	1.750 mm (5'8-7/8")	1.950 mm (6'4-3/4")	1.950 mm (6'4-3/4")
B. Distancia entre la línea de eje de la trituradora y la cara de la caja del contraeje	1.750 mm (5'8-7/8")	1.750 mm (5'8-7/8")	2.000 mm (6'6-3/4")	2.000 mm (6'6-3/4")
C. Distancia entre la línea de eje de la trituradora y la brida del bastidor principal	1.750 mm (5'8-7/8")	1.750 mm (5'8-7/8")	1.950 mm (6'4-3/4")	1.950 mm (6'4-3/4")
D. Diámetro del cubo del bastidor principal	875 mm (2'10-7/16")	875 mm (2'10-7/16")	975 mm (3'2-3/8")	975 mm (3'2-3/8")
E. Distancia entre la base y el fondo de la tubería de aceite del cubo del bastidor principal	280 mm (11")	280 mm (11")	310 mm (1'0-3/16")	310 mm (1'0-3/16")
F. Distancia entre la base y el fondo de la tubería de aceite	762 mm (2'6")	762 mm (2'6")	670 mm (2'2-3/8")	670 mm (2'2-3/8")
G. Distancia entre la base y la parte superior de los soportes de giro	3.385 mm (11'1-1/4")	3.385 mm (11'1-1/4")	3.660 mm (12'0-1/8")	3.660 mm (12'0-1/8")
H. Diámetro máximo del anillo de reglaje	4.550 mm (14'11-1/8")	4.550 mm (14'11-1/8")	5.360 mm (17'-7")	5.360 mm (17'-7")
J. Espacio libre requerido para desmontar el conjunto del contraeje	3.881 mm (12'8-13/16")	3.881 mm (12'8-13/16")	4.320 mm (14'2-1/16")	4.320 mm (14'2-1/16")
K. Distancia entre la línea de eje de la trituradora y el extremo del contraeje	2.538 mm (8'3-15/16")	2.538 mm (8'3-15/16")	2.855 mm (9'4-3/8")	2.855 mm (9'4-3/8")
L. Altura máxima desde la base hasta la parte superior de la tolva de alimentación	3.860 mm (12'8")	3.752 mm (12'3-3/4")	3.910 mm (12'9-15/16")	3.980 mm (13'0-11/16")
M. Diámetro interno de la tolva de alimentación	2.210 mm (7'3")	2.110 mm (6'11-1/16")	2.530 mm (8'3-5/8")	2.490 mm (8'2-1/16")
N. Distancia entre la base y la parte superior de la placa de alimentación	2.758 mm (9'0-5/8")	2.758 mm (9'0-5/8")	3.007 mm (9'8-3/4")	2.966 mm (9'8-3/4")
O. Altura total del conjunto de la taza	2.133 mm (7'0")	1.964 mm (6'5-5/16")	2.186 mm (7'2-1/16")	2.180 mm (7'1-13/16")
P. Diámetro máximo del cabezal de ajuste	3.170 mm (10'4-13/16")	3.170 mm (10'4-13/16")	3.550 mm (11'7-3/4")	3.550 mm (11'7-3/4")
Q. Espacio libre requerido para desmontar el conjunto de la taza	5.518 mm (18'1-1/4")	5.399 mm (17'8-9/16")	5.896 mm (19'4-1/8")	5.890 mm (19'3-7/8")
R. Altura total del conjunto de la cabeza	2.110 mm (6'11-1/16")	2.110 mm (6'11-1/16")	2.323 mm (7'7-1/2")	2.127 mm (6'11-3/4")
S. Diámetro máximo de la cabeza o manto	2.114 mm (6'11-1/4")	2.083 mm (6'10")	2.392 mm (7'10-3/16")	2.369 mm (7'9-1/4")
T. Espacio libre requerido para desmontar el conjunto de la cabeza	5.495 mm (18'0-3/8")	5.545 mm (18'0-3/16")	6.033 mm (19'9-1/2")	5.837 mm (19'1-7/8")
U. Desatascado de intrituras de un lado al otro	4.280 mm (14'0-1/2")	4.280 mm (14'0-1/2")	4.591 mm (15'0-3/4")	4.591 mm (15'0-3/4")
V. Desplazamiento ascendente adicional debido a la carrera de desatascado	163 mm (6-7/16")	163 mm (6-7/16")	150 mm (5-15/16")	150 mm (5-15/16")

**Pesos – Trituradoras y conjuntos completos**

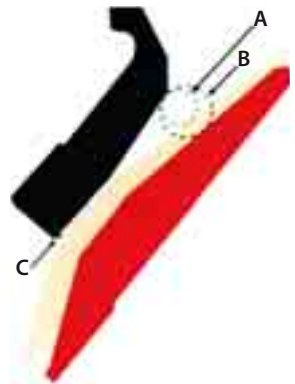
Estándar y cabeza corta	MP800		MP1000	
	Lb.	Kg.	Lb.	Kg.
Trituradora completa	265.850	120.570	337.604	153.134
Conjunto de bastidor principal, incluyendo eje principal y forro del bastidor principal	91.400	41.450	109.000	49.441
Conjunto de la taza, incluyendo forro de la taza, cabezote de ajuste y tolva	57.340	26.000	73.000	33.112
Anillo de ajuste, anillo de fijación, cilindros de sujeción y mecanismos de ajuste	37.825	17.157	68.322	30.990
Conjunto de la cabeza, manto y placa de alimentación	35.200	15.960	38.742	17.573
Caja del contraeje, contraeje y polea de la trituradora	7.045	3.195	9.067	4.113
Unidad de potencia hidráulica	2.480	1.125	2.670	1.211
Sistema de lubricación (refrigerado por aire) – Peso en seco (sin aceite)	7.700	3.492	7.700	3.492
Sistema de lubricación (refrigerado por aire) – Peso con depósito de aceite lleno*	11.300	5.125	11.300	5.125
Sistema de lubricación (refrigerado por agua) – Peso en seco (sin aceite)	8.920	4.046	8.920	4.046
Sistema de lubricación (refrigerado por agua) – Peso con depósito de aceite lleno*	12.520	5.678	12.520	5.678
Refrigeradores por aire montados sobre patín - Peso en seco (sin aceite)	4.600	2.087	6.020	2.731
Refrigeradores por aire montados sobre patín - Peso con aceite	4.960	2.250	6.551	2.971

\* 1.893 litros, 500 galones

Equipos de trituración

Cámaras de trituración	Abertura de alimentación cerrada A (mm)	Abertura de alimentación cerrada B (mm)	Reglaje del lado cerrado Dimensión C (mm)
<b>MP800</b>			
Cabeza corta finos	40	91	6
Cabeza corta medios	68	117	6
Cabeza corta gruesos	113	162	12
Estándar, extrafinos	144	193	19
Estándar, finos	241	282	19
Estándar, medios	308	347	25
Estándar, gruesos	343	384	32
<b>MP1000</b>			
Cabeza corta finos	64	128	8
Cabeza corta medios	104	169	10
Cabeza corta gruesos	140	203	10
Cabeza extragruesos	246	296	25
Estándar, extrafinos	241	295	22
Estándar, finos	242	300	25
Estándar, medios	343	390	32
Estándar, gruesos	360	414	38

Para pulgadas divide por 25,4



**Capacidades (tmph)**

Modelo	Reglaje del lado cerrado (mm)				
	50	38	25	19	13
<b>MP800</b>	1.460 - 1.935	1.100 - 1.285	735 - 980	580 - 690	495 - 585
<b>MP1000</b>	1.830 - 2.420	1.375 - 1.750	915 - 1.210	720 - 900	615 - 730

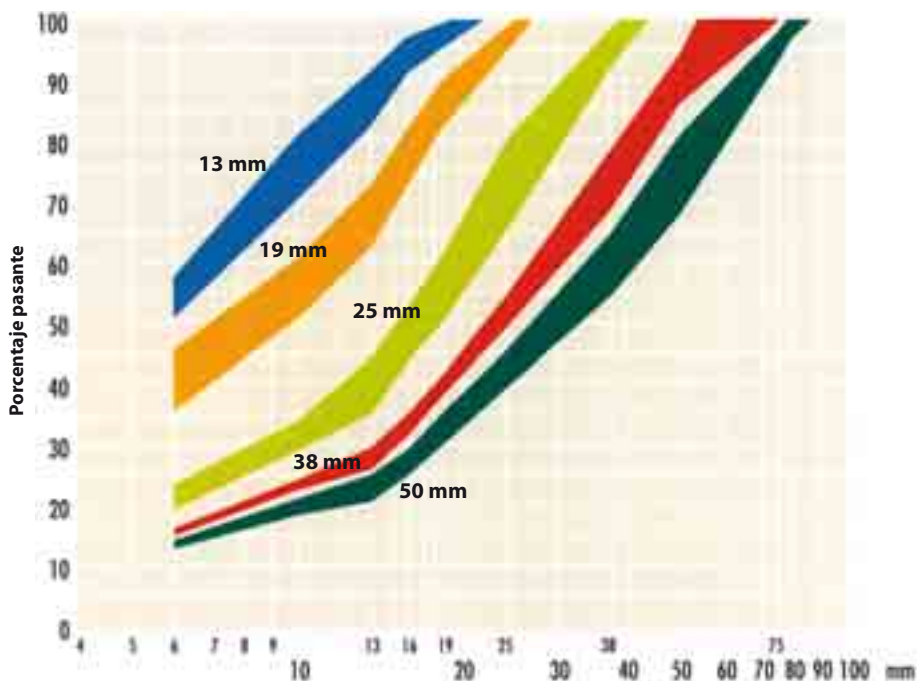
Para pulgadas divida por 25,4

Para toneladas cortas multiplique por 1,1

**Granulometrías del producto**

Malla (mm)	Reglaje del lado cerrado (mm)				
	50	38	25	19	13
100	100				
75	92 - 98	100			
50	67 - 81	86 - 94	100		
38	54 - 64	68 - 78	92 - 98	100	
25	38 - 45	48 - 54	65 - 80	94 - 98	100
19	30 - 35	37 - 42	51 - 62	82 - 90	96 - 99
16	25 - 29	31 - 35	43 - 53	73 - 82	92 - 97
13	22 - 25	26 - 29	35 - 44	63 - 73	83 - 93
10	18 - 21	22 - 24	28 - 34	52 - 61	70 - 91
6	13 - 14	15 - 16	19 - 23	36 - 44	50 - 57

Para pulgadas divida por 25,4

**Curvas granulométricas**




Para alta productividad, bajos costes de operación y piezas de desgaste, mantenimiento, una larga vida útil y alta eficiencia, asegurando productos de alta calidad, la solución es la trituradora de cono Nordberg Serie HP. Metso Minerals lidera el mercado con sus trituradoras HP (High Performance) para operaciones de minería y producción de áridos.

Las trituradoras de cono Nordberg Serie HP se caracterizan por una combinación optimizada de la velocidad, excentricidad, y perfil de la cámara de trituración. Este concepto revolucionario proporciona mayor capacidad, mejor calidad del producto y capacidad de se poder adaptar a una amplia variedad de aplicaciones. Sea calcáreo o hematita compacta, sea producción de balastro o arena manufacturada, sean plantas móviles de pequeño tamaño o plantas de minería de gran dimensión, la trituradora de cono HP es imbatible en aplicaciones de trituración secundaria, terciaria o cuaternaria.

Con el uso del motor hidráulico para el ajuste del reglaje resulta fácil equilibrar el circuito de trituración y optimizar la productividad de la trituradora. La instalación adicional de un sistema de posicionamiento del motor hidráulico mediante transductor para mantener un registro del reglaje es todo lo que es necesario para conectar la trituradora a un sistema electrónico de automatización.

El sistema hidráulico de desatascado con cilindros de doble efecto de las trituradoras de cono Nordberg Serie HP permite el paso de intritrables que bloquearían a la mayor parte de los molinos disponibles en el mercado. El amplio recorrido de desatascado, in-

dependiente del desgaste de los forros, reduce el esfuerzo requerido para vaciar la cámara de trituración, reduciendo el tiempo de parada e incrementando la productividad y seguridad operacional.

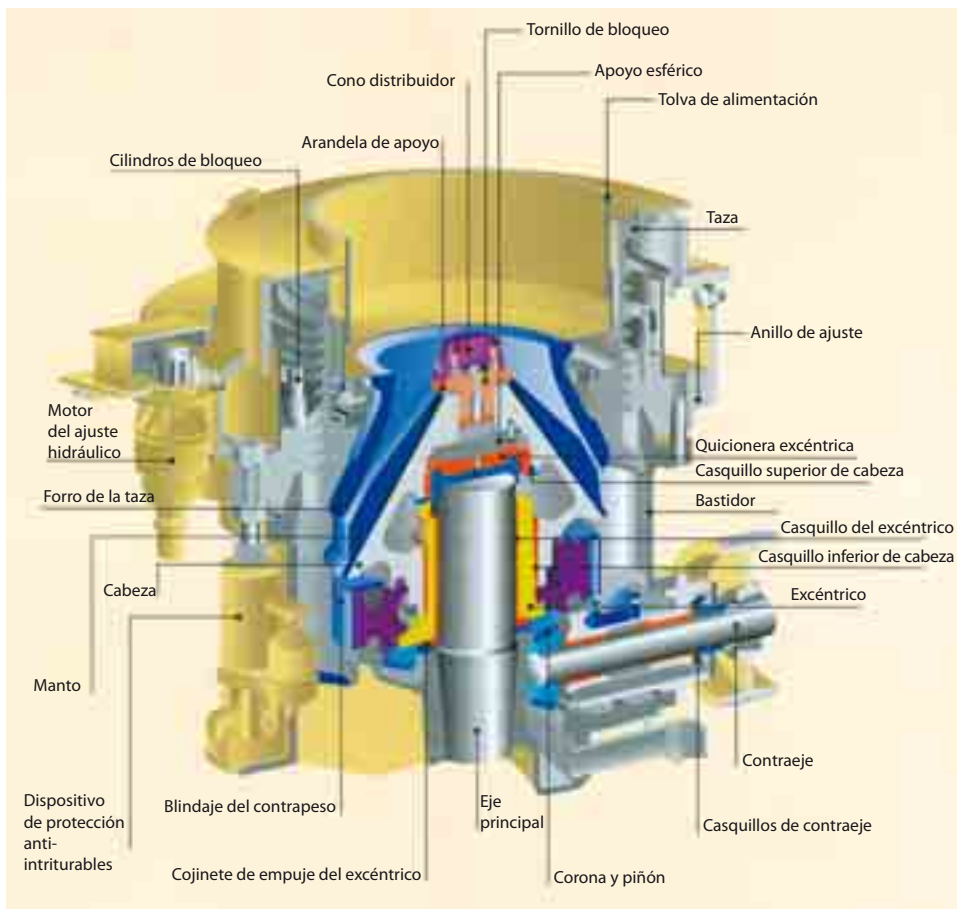
El motor hidráulico que gira la taza para el ajuste fino de la abertura también puede girar la taza hasta desenroscarla por completo del anillo de ajuste, facilitando de forma considerable el cambio de forros. La avanzada tecnología de fijación de los forros contribuye a una fiabilidad mejor.

La cámara de trituración de las trituradoras de cono HP puede convertirse de extrafina a extragruasa mediante el simple cambio del manto, forro de la taza, anillo adaptador y de los tornillos de las cuñas. Así, es fácil adaptar la trituradora a los requisitos de alimentación y del producto deseado.

## Arena manufacturada

Las trituradoras de cono HP también son trituradoras excelentes para la producción de arena manufacturada. La combinación de alta velocidad y gran excentricidad, junto con una cámara de trituración que promueve una intensa trituración entre partículas, produce arena manufacturada con alta cubicidad de las partículas y excelente granulometría para concreto. Gracias a sus excelentes propiedades la arena manufacturada producida con trituradoras de cono HP ha reemplazado total o parcialmente las arenas naturales, con muchas ventajas. En la producción de arena manufacturada las trituradoras de cono HP pueden ofrecer ventajas en comparación con otros métodos de trituración. Las trituradoras de cono HP ofrecen mayor producción con la misma potencia instalada y menos microfinos. La alta calidad de la arena manufacturada producida con trituradoras de cono HP puede ser verificada en muchas plantas en el mundo entero.







**CAPACIDADES**

Reglaje del lado cerrado													
Modelo	t/h	6 mm (1/4")	8 mm (5/16")	10 mm (3/8")	13 mm (1/2")	16 mm (5/8")	19 mm (3/4")	22 mm (7/8")	25 mm (1")	32 mm (1 1/4")	38 mm (1 1/2")	45 mm (1 3/4")	51 mm (2")
HP 100	tmph	45-55	50-60	55-70	60-80	70-90	75-95	80-100	85-110	100-140			
	tcph	50-60	55-65	60-75	65-90	80-100	85-105	85-110	95-120	110-155			
HP 200	tmph			90-120	120-150	140-180	150-190	160-200	170-220	190-235	210-250		
	tcph			100-130	130-165	155-200	165-210	175-220	185-240	210-260	230-275		
HP 300	tmph			115-140	150-185	180-220	200-240	220-260	230-280	250-320	300-380	350-440	
	tcph			125-155	165-205	200-240	220-265	240-285	255-310	275-355	330-420	385-485	
HP 400	tmph			140-175	185-230	225-280	255-320	275-345	295-370	325-430	360-490	410-560	465-630
	tcph			155-195	205-255	250-310	280-355	305-380	325-410	360-475	395-545	450-625	510-700
HP 500	tmph			175-220	230-290	280-350	320-400	345-430	365-455	405-535	445-605	510-700	580-790
	tcph			195-240	255-320	310-385	355-440	380-475	400-500	445-595	490-670	560-775	640-880
HP 800	tmph			260-335	325-425	385-500	435-545	470-600	495-730	545-800	600-950	690-1.050	785-1.200
	tcph			285-370	360-470	425-550	480-600	520-660	545-805	600-800	550-1.045	760-1.155	865-1.320

Equipos de trituración

 Capacidad instantánea de la trituradora en t/h de material con capacidad aparente de 1,6 t/m<sup>3</sup>
**CAMARAS DE TRITURACIÓN DE LAS TRITURADORAS DE CONO HP**

Modelo	Cámara	Estándar		Cabeza corta	
		Reglaje mínimo A mm (pulgadas)	Abertura de alimentación B mm (pulgadas)	Reglaje mínimo A mm (pulgadas)	Abertura de alimentación B mm (pulgadas)
HP 100	Extrafina			6 (0,24")	20 (0,79")
	Fina			9 (0,35")	50 (1,97")
	Media			9 (0,35")	70 (2,76")
	Gruesa			13 (0,51")	100 (3,94")
	Extragruesa			21 (0,83")	150 (5,91")
HP 200	Extrafina	—	—	6 (0,24")	25 (0,98")
	Fina	14 (0,55")	95 (3,74")	6 (0,24")	25 (0,98")
	Media	17 (0,67")	125 (4,92")	6 (0,24")	54 (5,91")
	Gruesa	19 (0,75")	185 (7,28")	10 (0,39")	76 (2,99")
	Extragruesa	—	—	—	—
HP 300	Extrafina	—	—	6 (0,24")	25 (0,98")
	Fina	13 (0,51")	107 (4,21")	6 (0,24")	25 (0,98")
	Media	16 (0,63")	150 (5,91")	8 (0,24")	53 (2,09")
	Gruesa	20 (0,79")	211 (8,31")	10 (0,39")	77 (3,03")
	Extragruesa	25 (0,98")	233 (9,17")	—	—
HP 400	Extrafina	—	—	6 (0,24")	30 (1,18")
	Fina	14 (0,55")	111 (4,37")	6 (0,24")	40 (1,57")
	Media	20 (0,79")	198 (7,80")	8 (0,31")	52 (2,05")
	Gruesa	25 (0,98")	252 (9,92")	10 (0,39")	92 (3,62")
	Extragruesa	30 (1,18")	299 (11,77")	—	—
HP 500	Extrafina	—	—	6 (0,24")	35 (1,38")
	Fina	16 (0,63")	133 (5,24")	8 (0,31")	40 (1,57")
	Media	20 (0,79")	204 (8,03")	10 (0,39")	57 (2,24")
	Gruesa	25 (0,98")	286 (11,26")	13 (0,51")	95 (3,62")
	Extragruesa	30 (1,18")	335 (13,19")	—	—
HP 800	Extrafina	16 (0,63")	187 (7,36")	—	—
	Fina	16 (0,63")	219 (8,62")	5 (0,20")	33 (1,30")
	Media	25 (0,98")	267 (10,51")	10 (0,39")	92 (3,62")
	Gruesa	32 (1,26")	297 (11,69")	13 (0,51")	155 (6,10")
	Extragruesa	32 (1,26")	353 (13,90")	—	—

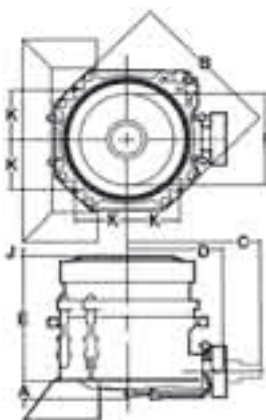
1. El reglaje mínimo es el en que la trituradora operará sin causar rebotes. Este reglaje puede variar según el tipo de material.

2. La abertura de alimentación «B» corresponde al reglaje mínimo «A».

3. El tamaño mínimo de alimentación varía entre el 80 y el 100% de «B», según el modelo de la trituradora y el material.

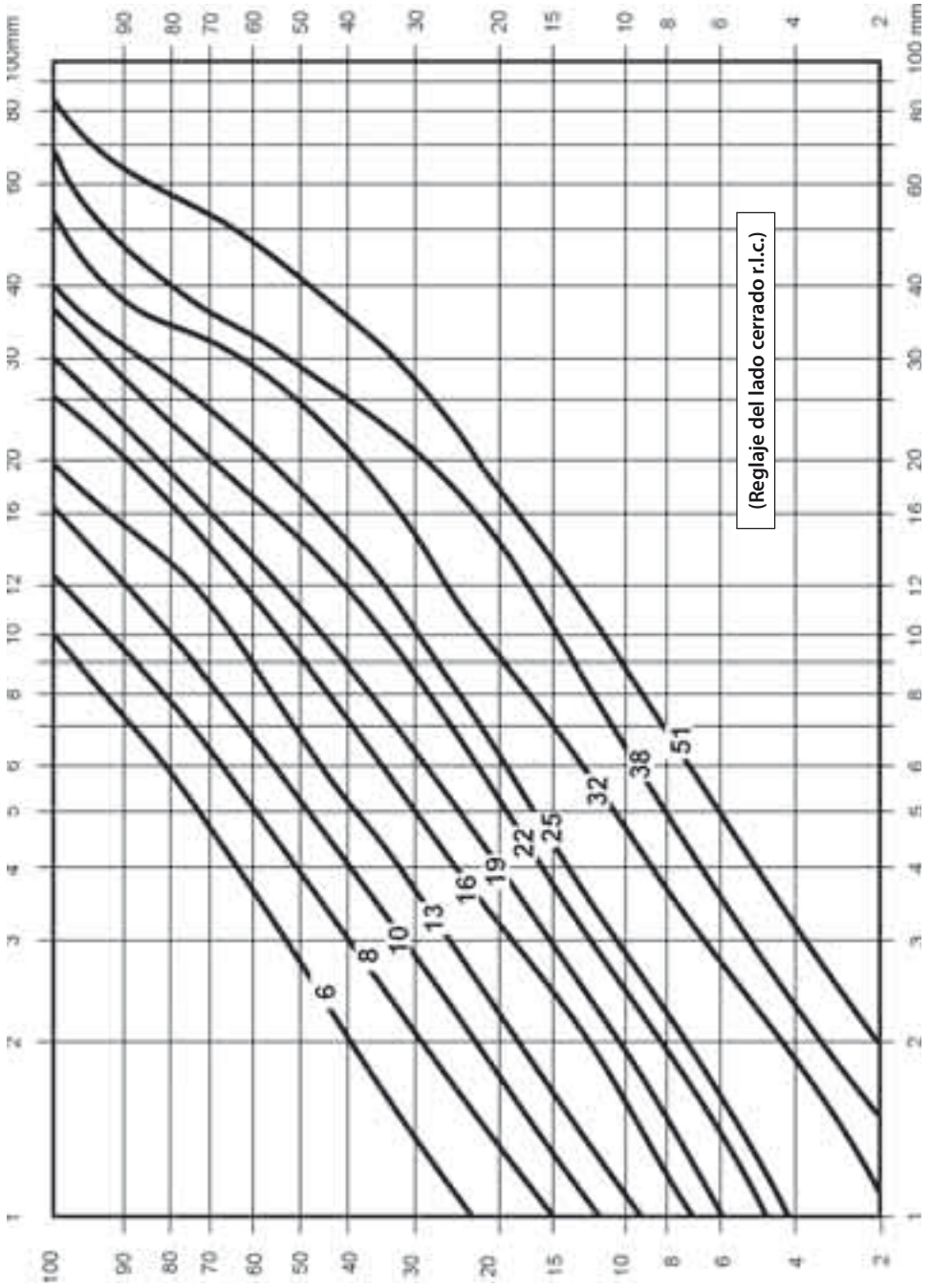

**TRITURADORAS DE CONO HP – PESOS Y DIMENSIONES**

Modelo	HP 100	HP 200	HP 300	HP 400	HP 500	HP 800
Trituradora completa	5.400 kg 11.900 Lb	10.400 kg 22.960 Lb	15.810 kg 33.490 Lb	23.000 kg 50.600 Lb	33.150 kg 73.000 Lb	68.650 kg 151.200 Lb
Taza y forro de la taza	1.320 kg 2.910 Lb	2.680 kg 5.915 Lb	3.525 kg 7.765 Lb	4.800 kg 10.575 Lb	7.200 kg 15.800 Lb	17.350 kg 38.220 Lb
Manto y placa de alimentación	600 kg 1.325 Lb	1.200 kg 2.650 Lb	2.060 kg 4.550 Lb	3.240 kg 7.130 Lb	5.120 kg 11.280 Lb	10.800 kg 23.790 Lb
Potencia máxima recomendada	90 kW 120 CV	150 kW 200 CV	200 kW 268 CV	315 kW 422 CV	355 kW 476 CV	600 kW 800 CV
Velocidad del contraeje (rpm)	750-1.200	750-1.200	700-1.200	700-1.000	700-950	700-950



Modelo	HP 100	HP 200	HP 300	HP 400	HP 500	HP 800
A. Distancia al fondo de la tubería de aceite	293	297	328	240	425	722 (28-1/16")
B. Diámetro máximo del anillo de ajuste	1.505 mm (59-1/4")	1.652 mm (64-3/4")	2.207 mm (86-7/8")	2.370 mm (93-3/8")	2.730 mm (107-1/2")	3.702 mm (145-3/4")
C. Espacio libre requerido para remover el conjunto del contraeje	1.560 mm (61-7/16")	1.840 mm (72-7/76")	2.020 mm (79-1/2")	2.470 mm (97-1/4")	2.650 mm (104-3/8")	3.450 mm (135-13/16")
D. Distancia al extremo del contraeje	950 mm (37-3/8")	1.160 mm (45-11/16")	1.347 mm (53")	1.645 mm (64-3/4")	1.760 mm (69-1/4")	2.225 mm (81-5/8")
E. Altura máxima hasta la parte superior	1.290 mm (50-13/16")	1.630 mm (64-3/4")	1.865 mm (73-7/16")	2.055 mm (80-7/8")	2.290 mm (90-1/8")	3.538 mm (139-1/4")
F. Diámetro interno de la tolva de alimentación	694 mm (27-5/16")	914 mm (36")	1.078 mm (42-7/16")	1.308 mm (51-1/2")	1.535 mm (60-1/2")	1.863 mm (73-3/8")
Espacio libre requerido para remover el conjunto de la taza	1.725 mm (67-15/16")	2.140 mm (84-1/4")	2.470 mm (97-1/4")	2.650 mm (104-3/8")	3.300 mm (129-7/8")	4.854 mm (191-1/8")
Espacio libre requerido para remover el conjunto de la cabeza	1.700 mm (66-15/16")	2.165 mm (84-1/4")	2.455 mm (96-5/8")	2.715 mm (106-3/8")	3.165 mm (124-5/8")	4.364 mm (171-3/4")
J. Elevación de la tolva de alimentación durante la operación de vaciado	65 mm (2-9/16")	70 mm (2-3/4")	85 mm (3-3/8")	105 mm (4-1/8")	125 mm (4-15/16")	159 mm (6-1/4")
K. Localización de los agujeros de montaje	NA	545 mm (21-1/2")	660 mm (26")	830 mm (32-11/16")	882 mm (34-3/4")	1.130 mm (44-1/2") y/o 1.245 mm (49")
Diámetro de la abertura de descarga del bastidor principal	970 mm (38-3/16")	1.240 mm (48-13/16")	1.470 mm (57-7/8")	1.726 mm (68")	2.040 mm (80-1/2")	2.420 mm (95-1/4")

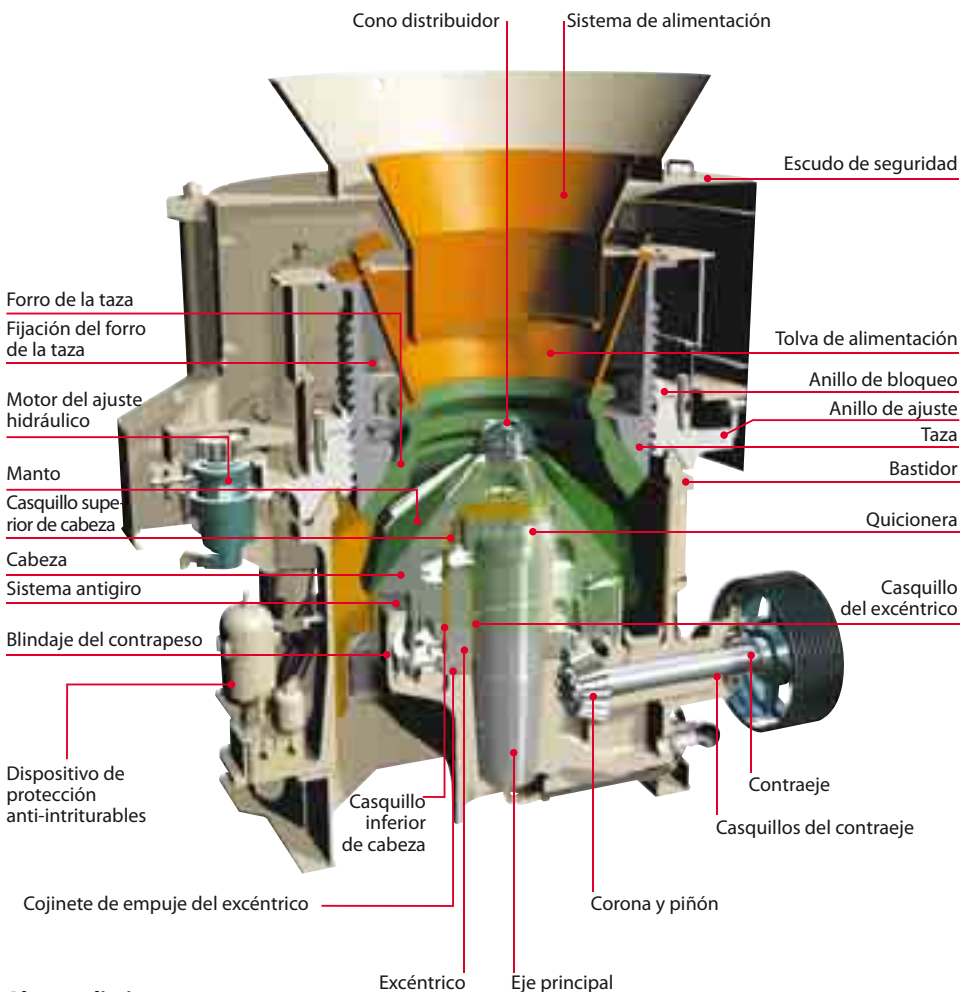
## TRITURADORAS DE CONO HP – CURVAS GRANULOMETRICAS



## Nuevo Nordberg HP4 - concebido para sus necesidades

La HP4 es una trituradora concebida para servicio pesado bajo las más severas condiciones de operación. Sus características inigualables que proporcionan las más altas tasas de reducción,

máxima versatilidad y los más bajos requisitos de mantenimiento, aseguran los más altos niveles de productividad y los mínimos costes de operación.



### Alto rendimiento

Combinando una velocidad óptima y una gran excentricidad, la HP4 proporciona las mayores tasas de reducción de todas las trituradoras existentes. Gracias a su acción de trituración altamente eficiente la HP4 tiene la mejor tasa de utilización de potencia por diámetro de cono. La HP4 ofrece ventajas tales como menor consumo de energía (kWh) por tonelada de producto final y menor carga circulante. Una mayor densidad de roca en la cámara de trituración mejora la acción de trituración entre partículas, proporcionando productos finales con granulometría más consistente y cubicidad superior.



**Menos paradas**

El sistema de desatascado que consiste en cilindros hidráulicos de doble efecto de la HP4 permite el paso de piezas metálicas, que podrían atascar o dañar una gran parte de las demás trituradoras. Y en el caso de una parada en carga, los cilindros hidráulicos de doble efecto proporcionan un gran recorrido de desatascado, independiente del desgaste de los forros, para vaciar rápidamente la cámara de trituración.

Un avanzado sistema de fijación del manto y del forro de la taza evita la necesidad de usar material de soporte, permitiendo un rápido cambio de los forros. La incorporación de forros más gruesos significa una vida útil más larga de los forros. Cuando se reemplazan los forros o se reconfigura la trituradora, el motor hidráulico que gira la taza para el ajuste del reglaje también girará la taza hasta desenrosclarla por completo del anillo de ajuste, facilitando de forma considerable el cambio de forros.

La nueva protección fija del contrapeso protege el contrapeso y actúa como sello de polvo.


**Versatilidad**

Debido a su robustez, amplio rango de velocidades y la sencillez de conversión desde aplicaciones de trituración gruesa a aplicaciones de trituración extrafina, la HP4 ofrece una flexibilidad de aplicación desconocida hasta ahora.

- Permite el ahorro de espacio para pilas de acopio mediante la retritución de excedentes o productos de movimiento lento sin una etapa de trituración intermedia.
- Para convertir de trituración gruesa a extrafina y viceversa, basta cambiar los forros y la velocidad de rotación.

- Las combinaciones de forros y velocidades de rotación van desde aplicaciones de trituración secundaria hasta la producción de arena manufacturada.



Equipos de trituración

**Protección activa**

El nuevo diseño del sistema de desatascado también protege el bastidor principal contra intriturbables, amortiguando las fuerzas de impacto y reposicionando la taza en su posición original, tras el paso de fragmentos de hierro. Dentro de la trituradora, la nueva protección fija del contrapeso protege el contrapeso y actúa como sello de polvo. Una cubierta opcional alrededor de la trituradora protege a los operarios contra cualquier contacto accidental con los dispositivos de reglaje o de desatascado. También contribuye a un mejor ambiente de trabajo gracias a sus reducidas emisiones de polvo. El medio ambiente también resulta beneficiado gracias al avanzado sistema de fijación del manto y forros de la taza que no requiere material de soporte.


**Reglaje del lado cerrado**

Tamaño	t/h	8 mm (5/16")	10 mm (3/8")	13 mm (1/2")	16 mm (5/8")	19 mm (3/4")	22 mm (7/8")	25 mm (1")	32 mm (1 1/4")	38 mm (1 1/2")	45 mm (1 3/4")
HP4	tmph	135-175	155-210	195-265	235-315	260-345	285-375	300-400	310-440	360-500	400-555
	tcph	150-190	170-230	215-290	260-345	285-380	315-410	330-440	340-485	395-550	440-610

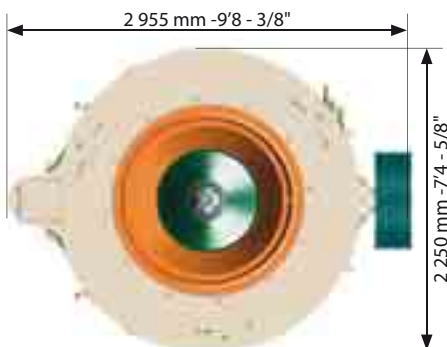
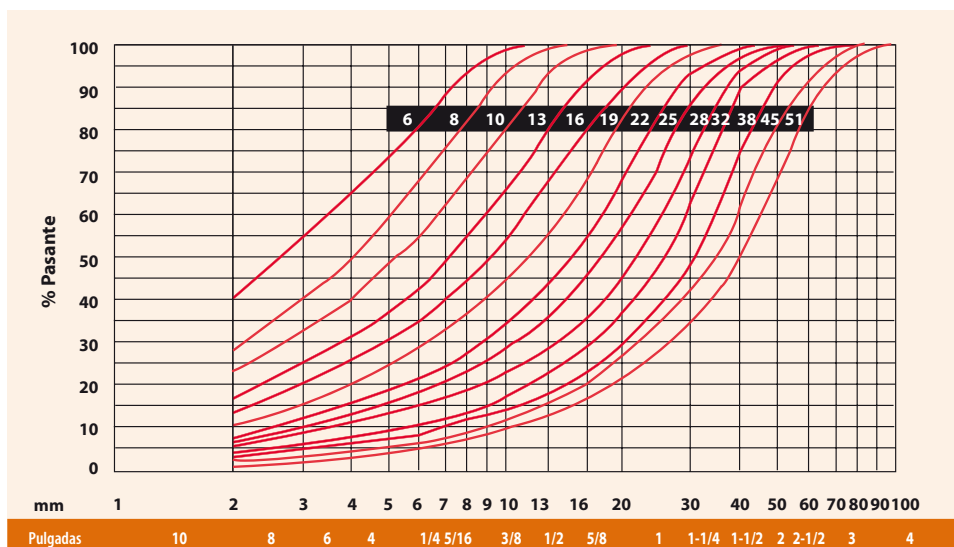
## Datos técnicos

Abertura nominal de alimentación	252 mm (9.93")
Motor con potencia hasta	315 kW (400 CV)
Peso de la trituradora	19.810 kg (43.586 lb)
Peso de la trituradora completa*	23.672 kg (52.084 lb)

## Cámaras de trituración

Cámara	Reglaje mínimo	Abertura de alimentación
Extragruesa	28 mm (1,10")	252 mm (9,93")
Media	16 mm (0,63")	169 mm (6,66")
Fina	10 mm (0,39")	116 mm (4,55")
Extrafina	8 mm (0,31")	74 mm (2,93")

Peso de la trituradora completa\*: trituradora, soporte, soporte del motor, cubiertas, tolvas de alimentación y descarga



## Trituradoras de impactos Nordberg Serie NP

Las trituradoras de impactos de la Serie Nordberg NP se caracterizan por su combinación novedosa de diseño robusto del rotor, materiales de desgaste y diseño de las cámaras de trituración. Una combinación excepcional que permite mejorar la capacidad de producción y la calidad de los productos, reduciendo los costes de operación y de materiales de desgaste.

Otra característica particular de las trituradoras de impactos de la Serie NP es su sistema único de fijación de los martillos, que ofrece un grado mayor de fiabilidad de los mismos. Las trituradoras de impactos de la Serie NP han sido concebidas para minimizar los requisitos de mantenimiento y facilitar todas las operaciones de reglaje.

Las trituradoras de impactos de la Serie NP ofrecen rendimientos inigualables en aplicaciones primarias, secundarias, terciarias, así como en aplicaciones de reciclaje.

### Mayor capacidad

Las características de las trituradoras de impactos de la Serie NP son la solución para las condiciones de operación actuales y futuras, en las cuales las exigencias de capacidad y productividad son cada vez más estrictas. Nuestros ingenieros han optimizado el layout de las trituradoras para maximizar la carga con una cámara de trituración mayor, forros optimizados y rotores específicos para incrementar la producción en todas las aplicaciones.

Se han desarrollado esfuerzos considerables para rediseñar el rotor a fin de aumentar el peso en movimiento, mejorar la tasa de reducción y aumentar la capacidad. Las trituradoras de impactos de la Serie NP permiten obtener altas tasas de reducción con menos etapas de trituración, reduciendo los costes de capital y ahorrando energía.

### Mejor calidad

Partiendo de la idea inicial de tener rotores idénticos para trituradoras primarias y secundarias, hemos incrementado el tamaño de los rotores primarios a fin de poder utilizar los mismos martillos.

Una colaboración permanente con varios laboratorios de investigación, nos ha permitido ofrecer a nuestros clientes las innovaciones téc-



Equipos de trituración

nicas más avanzadas en términos de duración de las piezas de desgaste (martillos, forros de las placas de impacto, forros laterales del bastidor) y la fiabilidad de los componentes mecánicos que constituyen las trituradoras (líneas de eje, rodamientos, etc.).

### Trituradoras para todo tipo de aplicaciones

La robustez de las trituradoras de impactos de la Serie NP permite su utilización en todo tipo de aplicaciones con distintas configuraciones. Las trituradoras de impactos de la Serie NP han probado su eficiencia en una amplia variedad de tareas, desde la trituración de materiales poco abrasivos hasta aplicaciones industriales y reciclaje.



### Sistema impar de fijación de los martillos

Además de las distintas calidades de acero resistente al desgaste usadas en sus componentes, las trituradoras de impactos de la Serie NP se caracterizan por una unidad exclusiva de fijación de los martillos.

Los martillos están fijados al rotor por un conjunto de cuña simple que confiere un par de apriete superior al de cualquier otro fabricante. Combinado con la alineación perfecta de los martillos sobre las caras de contacto del rotor, este sistema de fijación ofrece la enorme ventaja de eliminar el juego entre el rotor y los martillos, lo que reduce los riesgos de rotura de los martillos, permitiendo el uso de martillos de hierro fundido más allá de los límites convencionales.

### Mantenimiento fácil con alto nivel de seguridad

Una sola unidad de potencia hidráulica abre el bastidor y ajusta los forros. Las puertas con protección existentes en todo el perímetro del bastidor permiten el acceso al interior de la trituradora.

Se pueden reemplazar los martillos en posición horizontal o vertical, lo que permite adaptar la trituradora a numerosas posibilidades de implantación.

Se ha prestado atención especial al grado modular de las piezas de desgaste para permitir una reducción significativa del número piezas.

Además, dado que las piezas de una máquina se desgastan a un ritmo diferente, se puede hacer una rotación de las piezas dentro de la trituradora, permitiendo reducir los stocks de piezas de desgaste y de recambio.

Asimismo, los detectores instalados en el bastidor garantizan la seguridad de las labores de mantenimiento, imposibilitando la puesta en marcha de la máquina.

### Flexibilidad en las aplicaciones, fácil de operar

Si por cualquier razón fuera necesario usar su trituradora de impactos NP en otro tipo de aplicación, los cambios necesarios no son significativos. Basta instalar algunas opciones tales como, asistencia hidráulica, reglaje hidráulico, una tercera placa de impacto y el uso de distintas calidades de acero resistente al desgaste (martillos, forros de placas de impacto y placas laterales) y su trituradora NP estará apta para operar en cualquier tipo de aplicación. Tras el reglaje inicial para una aplicación específica, las trituradoras NP no necesitan ajuste alguno fino para mejorar su rendimiento.

### Automatización del reglaje

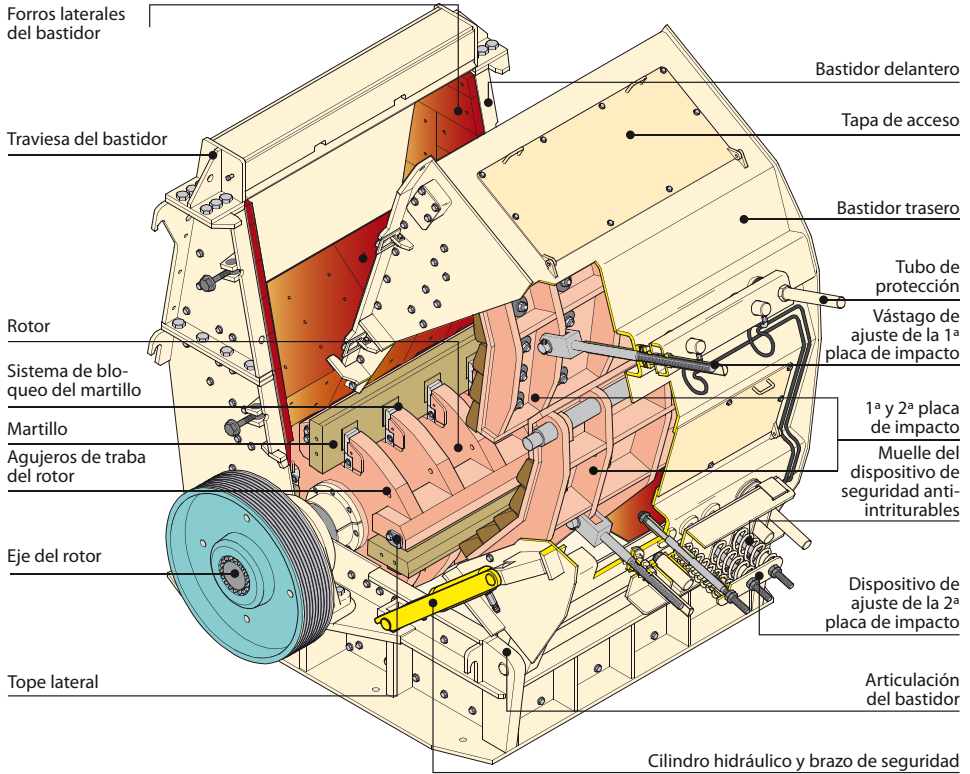
Un sistema opcional de regulación automática por mandos a distancia permite cambiar el reglaje de la trituradora de impactos sin intervención humana. El principio consiste en calibrar y regular la placa de impacto inferior para el valor deseado. Luego, la placa de impacto superior se ajustará automáticamente para un valor calculado, en conformidad con el reglaje de la placa superior y el tamaño del material de alimentación. Como resultado, la trituradora se puede adaptar para compensar el desgaste o cualquier desarrollo en la aplicación.

### Como operar su trituradora de impactos

		Efecto		
		Consumo específico de energía	Finura de la granulometría del producto	Forma del producto
Ajuste	Reduciendo el reglaje	↑	↑	↗
	Reduciendo la alimentación	↘	↗	↗
	Aumentando la velocidad	↑	↑	↗
	Usando material de alimentación menos duro	→	↑	↗

*Esta tabla le da algunas indicaciones sobre como ajustar su trituradora de impactos para optimizar la producción y el consumo de energía. Le muestra también como la triturabilidad del material de alimentación influencia el resultado.*




**Especificaciones técnicas**

	Modelo NP	Abertura de alimentación	Tamaño máximo de alimentación	Velocidad máxima	Potencia
	NP1007	750 x 800 mm/30" x 32"	500 mm/20"	800 RPM	90 kW/125 CV
	NP1110	1.020 x 820 mm/40" x 32,3"	600 mm/24"	800 RPM	160 kW/220 CV
	NP1213	1.320 x 880 mm/52" x 34,6"	600 mm/24"	700 RPM	200 kW/250 CV
	NP1315	1.540 x 930 mm/60,6" x 36,6"	600 mm/24"	700 RPM	250 kW/350 CV
	NP1520	2.040 x 995 mm/80,3" x 39,2"	700 mm/28"	600 RPM	400 kW/600 CV
	NP1210	1.020 x 1.080 mm/40" x 42,5"	800 mm/32"	700 RPM	160 kW/220 CV
	NP1313	1.320 x 1.200 mm/52" x 47,2"	900 mm/36"	700 RPM	200 kW/250 CV
	NP1415	1.540 x 1.320 mm/60,6" x 52"	1.000 mm/40"	600 RPM	250 kW/350 CV
	NP1620	2.040 x 1.630 mm/80,3" x 64,3"	1.300 mm/52"	500 RPM	400 kW/600 CV
	NP2023	2.310 x 1.920 mm/91" x 75,6"	1.500 mm/59"	520 RPM	1.000 kW/1.200 CV

## Capacidades de las trituradoras<sup>1</sup>

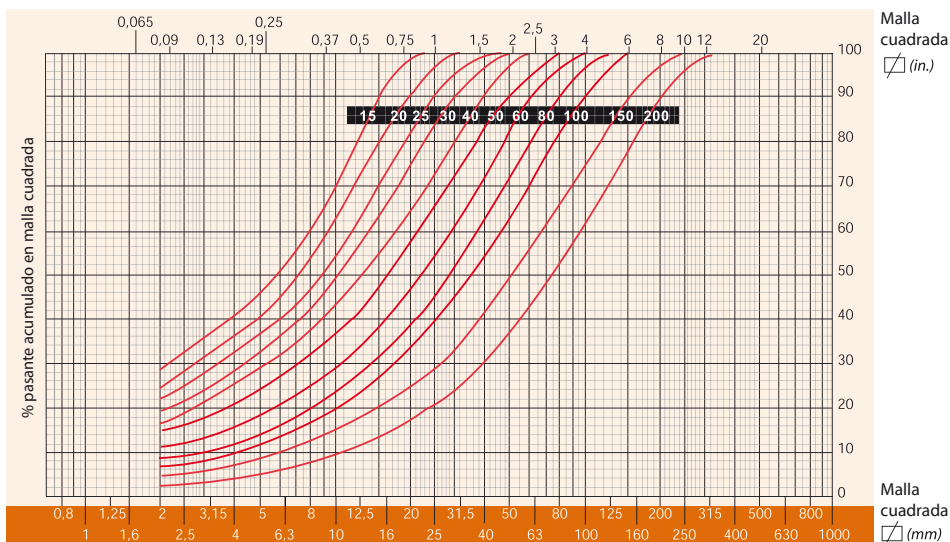
Modelo NP	TAMAÑO MÁXIMO DE ALIMENTACION 400 mm		TAMAÑO MÁXIMO DE ALIMENTACION 200 mm	
	Producto final 60 mm	Producto final 40 mm	Producto final 40 mm	Producto final 20 mm
<b>NP1007</b>	150 tmph / 165 tcph	100 tmph / 110 tcph	150 tmph / 165 tcph	80 tmph / 90 tcph
<b>NP1110</b>	200 tmph / 220 tcph	150 tmph / 165 tcph	250 tmph / 275 tcph	150 tmph / 165 tcph
<b>NP1213</b>	250 tmph / 275 tcph	200 tmph / 220 tcph	300 tmph / 330 tcph	200 tmph / 220 tcph
<b>NP1315</b>	350 tmph / 385 tcph	250 tmph / 275 tcph	350 tmph / 385 tcph	250 tmph / 275 tcph
<b>NP1520</b>	500 tmph / 550 tcph	400 tmph / 440 tcph	600 tmph / 660 tcph	350 tmph / 385 tcph

Modelo NP	TAMAÑO MÁXIMO DE ALIMENTACION 800 mm		TAMAÑO MÁXIMO DE ALIMENTACION 600 mm	
	Producto final 200 mm	Producto final 100 mm	Producto final 200 mm	Producto final 100 mm
<b>NP1210</b>	350 tmph / 385 tcph	250 tmph / 275 tcph	350 tmph / 385 tcph	250 tmph / 275 tcph
<b>NP1313</b>	450 tmph / 495 tcph	300 tmph / 330 tcph	500 tmph / 550 tcph	350 tmph / 385 tcph
<b>NP1415</b>	550 tmph / 605 tcph	400 tmph / 440 tcph	600 tmph / 660 tcph	400 tmph / 440 tcph
<b>NP1620</b>	900 tmph / 990 tcph	600 tmph / 660 tcph	950 tmph / 1.050 tcph	650 tmph / 720 tcph
<b>NP2023</b>	1.800 tmph / 1.980 tcph	1.200 tmph / 1.320 tcph	2.000 tmph / 2.200 tcph	1.300 tmph / 1.430 tcph

1) Representa la capacidad de las trituradoras con base en muestras "instantáneas" del producto.

## Curvas de producción\*



\*La granulometría y capacidades indicadas dependen de la granulometría de la alimentación, densidad del material y de su triturabilidad.

**Especificaciones técnicas**

	Modelo NP	Trituradora completa	Rotor completo	Diámetro del rotor	Anchura del rotor
	<b>NP1007</b>	7.240 kg 16.000 lb	2.250 kg 4.960 lb	1.000 mm 40 in	700 mm 30 in
	<b>NP1110</b>	9.250 kg 20.300 lb	3.065 kg 6.700 lb	1.100 mm 44 in	1.000 mm 40 in
	<b>NP1213</b>	12.780 kg 28.200 lb	4.850 kg 10.700 lb	1.200 mm 47,2 in	1.300 mm 51,2 in
	<b>NP1315</b>	16.130 kg 35.600 lb	6.370 kg 14.080 lb	1.300 mm 51,2 in	1.500 mm 59 in
	<b>NP1520</b>	27.100 kg 59.750 lb	10.400 kg 22.950 lb	1.500 mm 59 in	2.000 mm 78,7 in
	<b>NP1210</b>	12.800 kg 28.220 lb	3.720 kg 8.200 lb	1.200 mm 48 in	1.000 mm 40 in
	<b>NP1313</b>	17.800 kg 39.160 lb	6.340 kg 13.950 lb	1.300 mm 51,2 in	1.300 mm 51,2 in
	<b>NP1415</b>	21.820 kg 48.100 lb	8.165 kg 18.000 lb	1.400 mm 55 in	1.500 mm 59 in
	<b>NP1620</b>	40.500 kg 89.300 lb	15.980 kg 35.200 lb	1.600 mm 63 in	2.000 mm 78,7 in
	<b>NP2023</b>	80.290 kg 177.000 lb	32.840 kg 72.400 lb	2.000 mm 78,7 in	2.270 mm 89,4 in

Equipos de trituración

**Cotas**

Modelo NP mm/plg	A	B	C-D	E	F	G	H	K	L	M	N	O	P
<b>NP1007</b>	650 25,6	800 32,0	750 29,5	1.100 43,3	652 25,7	751 29,6	1.057 41,6	3.000 118,1	1.671 65,8	1.804 71,0	1.845 72,6	2.070 81,5	2.647 104,2
<b>NP1110</b>	710 28,0	820 32,3	1.020 40,1	1.105 43,5	652 25,6	796 31,3	1.125 44,3	3.055 120,3	1.800 70,9	2.106 82,9	1.830 72,0	2.030 80,0	2.716 107,0
<b>NP1213</b>	750 29,5	879 34,6	1.320 52,0	1.120 44,1	705 27,8	864 34,0	1.212 47,7	3.145 123,8	2.100 82,7	2.529 100,0	1.945 76,6	2.306 90,8	2.882 113,5
<b>NP1315</b>	800 31,5	930 36,6	1.540 60,6	1.172 46,1	765 30,1	915 36,0	1.291 50,8	3.395 133,7	2.295 90,3	2.750 108,3	1.960 77,2	2.350 92,5	3.055 120,2
<b>NP1520</b>	850 33,5	995 39,2	2.040 80,3	1.368 53,9	885 34,8	1.055 41,5	1.518 59,8	3.950 155,5	3.000 118,1	3.400 133,9	2.336 92,0	2.763 108,8	3.540 139,4
<b>NP1210</b>	950 37,4	1.080 42,5	1.020 40,2	1.200 47,2	700 27,5	583 23,0	1.282 50,5	3.485 137,2	1.800 70,9	2.126 83,7	2.115 83,3	2.475 97,4	3.167 124,7
<b>NP1313</b>	1.050 41,3	1.225 48,2	1.320 52	1.305 51,4	760 30	632 24,9	1.386 54,5	3.765 148,2	2.100 82,7	2.560 100,8	2.340 92,1	2.764 108,8	3.405 134
<b>NP1415</b>	1.140 44,9	1.320 52,0	1.540 60,6	1.305 51,4	800 31,5	605 23,8	1.430 56,3	4.000 157,5	2.295 90,3	2.790 109,8	2.380 93,7	2.790 109,8	3.600 141,7
<b>NP1620</b>	1.400 55,1	1.634 64,3	2.040 80,3	1.600 63,0	920 36,2	850 33,5	1.772 69,8	4.950 194,9	3.000 118,1	3.600 141,7	2.630 103,5	3.085 121,5	4.400 173,2
<b>NP2023</b>	1.720 67,7	1.986 78,2	2.310 91,0	2.210 87,0	1.140 44,9	1.631 64,2	2.273 89,5	6.000 236,2	3.930 154,7	4.424 174,2	3.520 138,6	4.100 161,4	5.514 217,0

## La gama completa de trituradoras VSI

### Trituradoras de impactos de eje vertical Barmac

Metso Minerals tiene disponibles en el mercado dos líneas de trituradoras de eje vertical (VSI). La mundialmente famosa trituradora roca contra roca Barmac Serie B VSI, anteriormente conocida como la Barmac Duopactor, y la Barmac Serie VI VSI roca contra metal constituyen la serie Barmac VSI, ofreciendo una gama completa de trituradoras de eje vertical para aplicaciones secundarias, terciarias y cuaternarias.

Con cerca de 4.000 unidades operando en plantas de procesamiento de minerales y áridos en el mundo entero, las trituradoras Barmac VSI

han demostrado su capacidad de ahorro de costes, su durabilidad y rendimiento sin igual en la variedad de aplicaciones en que han sido utilizadas, incluyendo la producción de áridos de alta calidad para varias aplicaciones, arena manufacturada para todas las especificaciones y varias operaciones de minerales y reciclaje.

### Trituradoras Barmac Serie VI VSI

Las trituradoras de impactos de eje vertical Barmac Serie VI zapata y yunque se caracterizan por su combinación impar de diseño del rotor, materiales de desgaste y diseño de las cámaras de trituración. Esta combinación excepcional permite mejorar la capacidad de producción y la calidad y forma de los productos, reduciendo los costes de operación y de materiales de desgaste.

Opciones	VI200	VI300	VI400
Elevador de techo	•	•	•
Grúa de servicio del rotor	•	•	•
Lubricación automática	•	•	•
Reglaje automática de la trituradora	•	•	•
Sistema de control operacional	•	•	•
Bloqueo de seguridad	•	•	•

### Barmac Serie B VSI

La trituradora Barmac Serie B VSI es una excelente unidad para etapas de reducción terciaria o cuaternaria y ha demostrado una capacidad impar para operar en muchas y diversas aplicaciones exigentes de trituración en la industria de construcción. Esto es posible gracias a la excepcional acción de trituración y molienda de libre impacto y a la capacidad de hacer el ajuste

fino del proceso recurriendo a un mero cambio de la velocidad del rotor o de la proporción de material de la cascada.

Como resultado, y además de los menores costes de desgaste, la Barmac Serie B VSI ha alargado su rango de utilización en operaciones tradicionales de explotación de canteras y en una gran variedad de plantas de trituración especializadas.

Opciones	B3100SE	B5100SE	B6150SE	B7150SE	B9100SE
Elevador de techo		*	•	•	•
Grúa de servicio del rotor			•	•	•
Conjunto del bastidor de apoyo	•	•	•	•	•
Control hidráulico eléctrico de la cascada	•	•	•	•	•
Lubricación automática	•	•	•	•	•
Reglaje automática de la trituradora	•	•	•	•	•
Sistema de control operacional	*	*	*	*	*
Bloqueo de seguridad	•	•	•	•	•

\* Estándar

La Barmac VSI tiene un coste de capital competitivo, especialmente en comparación con equipos de trituración convencionales. Las trituradoras Barmac VSI requieren una estructura de soporte mínima y también se utilizan en una configuración móvil, asegurando que la instalación sea rápida y fácil.

### Trituración móvil

La popularidad de la trituración móvil entre nuestros clientes ha resultado en una opción móvil de la gama de trituradoras VSI número 1 en el mundo. Las trituradoras Barmac VSI han sido instaladas en bastidores y configuraciones Lokotrack para mejorar su versatilidad. La Barmac VSI se utiliza como trituradora de etapa final para proporcionar altas tasas de reducción o mejor formato para mejorar la calidad de los áridos.

### Aplicación Barmac VSI

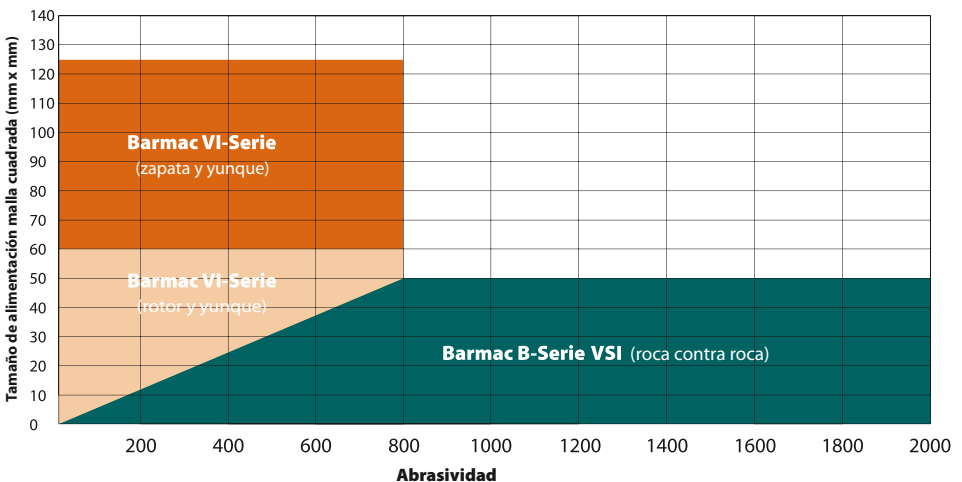
La decisión sobre cual es la Barmac VSI recomendada depende del tamaño máximo de alimentación y de la abrasividad de la roca. La Serie VIVSI proporcionará el mayor rendimiento de producto con materiales de baja abrasividad y cuando se requieren altas tasas de reducción. Con rocas de abrasividad media y alta la Serie B ofrece el menor coste por tonelada producida y forma excelente en todo el rango de productos.

Equipadas con mesa y zapata las trituradoras Serie VIVSI aceptan un tamaño de alimentación más grande. La Serie VI equipada con rotor y la Serie B aceptan un tamaño de alimentación más pequeño. La figura a continuación presenta la configuración recomendada en función del tamaño máximo y la abrasividad del material de alimentación.

Equipos de trituración



### Indicaciones para aplicación de las Barmac VSI



Las trituradoras de la Serie VI pueden ser equipadas con yunques triangulares o cilíndricos. Los yunques triangulares se usan cuando se requieren altas tasas de reducción con rocas poco abrasivas. Los yunques cilíndricos se usan con materiales más abrasivos donde la consistencia del producto final es de suma importancia para el cliente.

### Producción de áridos

El mercado de áridos ha sido el hogar tradicional de la trituradora de impactos de eje vertical Barmac VSI. La acción de trituración de roca contra roca de la Barmac VSI produce un producto de forma cúbica y excelente calidad para concreto, asfalto y bloques de hormigón. Cuando aplicados, estos áridos proporcionan un producto de alta calidad, concreto altamente resistente sin cemento añadido, ahorro de betún en asfalto y bloques de hormigón de mejor calidad.

### Arena manufacturada

Las trituradoras Barmac VSI de eje vertical producen arena manufacturada de excelente calidad para concreto, asfalto y bloques de hormigón. El método de trituración de roca contra roca produce arena donde están representados todos los tamaños de partículas, lo que asegura su buen rendimiento en cualquier aplicación. Igualmente importante es la forma cúbica de la arena que limita la cantidad de agua requerida en las mezclas de hormigón, mejorando la resistencia y otras propiedades de dureza. En las mezclas asfálticas la arena manufacturada de alta calidad reduce los requisitos de betún, proporcionando mejor estabilidad y mayor resistencia a la formación de roderas.



## Optimización de la trituradora

### Sistema de Control Operacional VSI (VOCS)

El sistema VOCS ha sido concebido para proporcionar al operador de la Barmac la información constantemente actualizada sobre las condiciones de operación de los componentes mecánicos vitales del equipo. Se monitorean tres áreas: la vibración que resulta de un rotor desequilibrado, la temperatura del cartucho de cojinetes y la temperatura de la bobina del motor, lo que le permite a cualquier operador operar la trituradora con la máxima eficiencia, maximizando la calidad y rendimiento del producto.

### Reglaje automático de la trituradora (ACR)

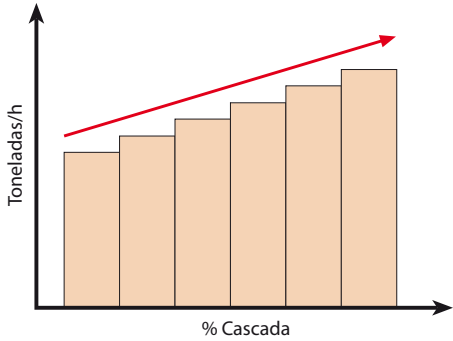
Las trituradoras Barmac también ofrecen el sistema ACR, una herramienta para maximizar la capacidad y efectividad de la trituradora. El sistema ACR asegura la operación constante y eficiente de la Barmac VSI precisamente donde el funcionamiento correcto de la trituradora tiene mayor significado - la calidad del producto final y el consumo de energía de la planta. Cuando usado, el sistema ACR monitorea y controla la carga de la trituradora y los niveles de cascada.

### Sistema de alimentación en cascada

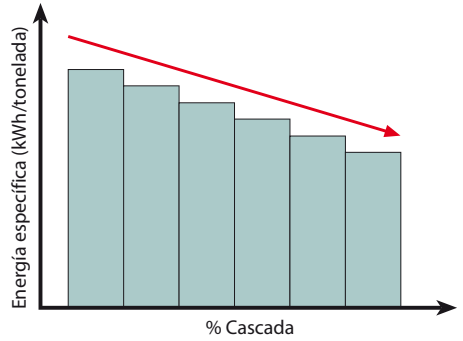
La trituradora Barmac Serie B VSI utiliza un sistema de alimentación inigualable, capaz de introducir una segunda corriente de material directamente dentro de la turbulencia de la cámara de trituración, lo que resulta en una sobrecarga de la población de partículas dentro de la cámara, incrementando la posibilidad de una buena colisión roca contra roca. Esta característica permite al operador utilizar óptimamente la potencia disponible y manipular la granulometría y la forma del producto para mejor corresponder a los requisitos.

El primer paso del material de alimentación es a través del rotor donde se lo acelera a velocidades de hasta 90 m/s antes de descargarlo a la cámara de trituración. Además, se puede introducir material dentro de la cámara a través de cascada, pasando al lado del rotor. El material alimentado a través de la cascada se mezcla con el material proveniente del rotor formando una población de partículas más densa, la cual optimiza la reducción, incrementando la posibilidad de una buena colisión roca contra roca. Este aprovechamiento más eficiente de la acción de trituración roca contra roca resulta en una mejor eficiencia de la trituradora y mayor tasa de producción.

**Producto final (a consumo constante de energía)**



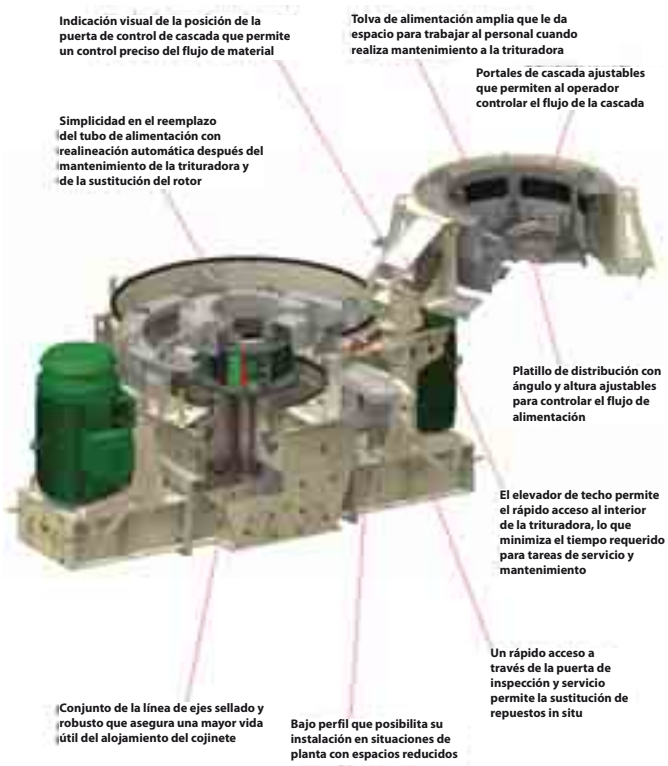
**% Cascada vs. energía específica**



Equipos de trituración

Estos gráficos son ejemplos indicativos de los efectos que la cascada tiene sobre la productividad y el consumo de energía.

El efecto de incrementos más significantes de material a través de cascada es semejante al de reducir la velocidad del rotor, cambiando la curva de granulometría y la forma del producto. Se pueden usar incrementos de cascada de hasta el 10% sin afectar la granulometría y la calidad del producto, lo que significa un incremento del 10% en la producción sin consumos adicionales de energía y piezas de desgaste. Es importante recordar que el incremento de la proporción de la cascada puede afectar la forma del producto.



## El paquete completo – Servicios

### Repuestos y piezas de desgaste donde y cuando las necesite

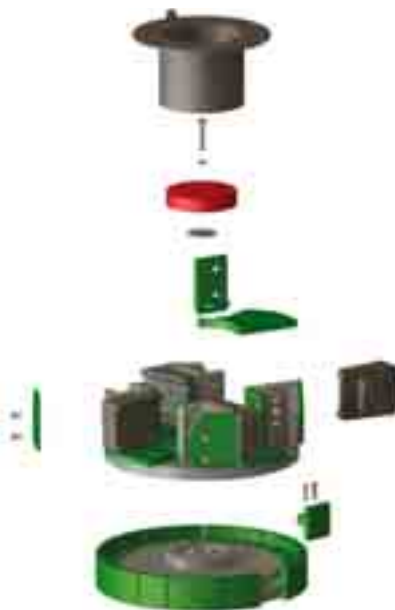
Metso Minerals ofrece un paquete completo de apoyo posventa para la trituradora Barmac VSI. La pericia y los conocimientos adquiridos durante 30 años de fabricación, aplicación y mantenimiento de las Barmac, nos permiten proporcionar a los clientes las mejores soluciones para maximizar el potencial de sus operaciones.

Para asegurar el mejor servicio a los clientes de Barmac, Metso Minerals ofrece un equipo de apoyo integral formado por profesionales dedicados, trabajando en fábrica y en ubicaciones estratégicas en el mundo entero.

### Calidad genuina

Puesto que tenemos un mayor número de equipos instalados y de clientes que los demás proveedores en la industria, también tenemos disponibles grandes cantidades de repuestos y piezas de desgaste y contamos con más expertos de servicio en el mundo entero para servirle. Esto significa que cuando elige trituradoras Barmac tiene la seguridad de saber que cada equipo está respaldado por una disponibilidad de repuestos y servicio inigualables, sin importar cuán lejos se encuentre.

Nuestros repuestos, genuinos y de alta calidad, aseguran una metalurgia correcta, ingeniería de precisión y la adecuación ideal para una operación sin problemas. De esta manera podrá producir los productos de calidad que su equipo está diseñado para producir, generando valor para usted y sus clientes.

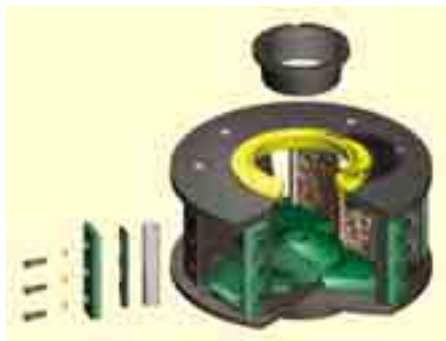


### El corazón de las Barmac VSI

El corazón de las Barmac VSI es el rotor o la mesa.

La Serie VI VSI utiliza la tecnología de mesa o de rotor según la aplicación. Se aplica metalurgia moderna cuando se utiliza una mesa con zapatas para aplicaciones con tamaño de alimentación más grande, lo que asegura una mayor disponibilidad de piezas y menos tiempo de inactividad. En aplicaciones con tamaño de alimentación más reducido la Serie VI VSI lleva un rotor, lo que permite una eficiencia operacional aún mayor.

El desarrollo de la tecnología de rotores profundos, junto con la larga vida útil de las piezas de desgaste y las unidades de placas segmentadas, reducen drásticamente el tiempo de parada para sustitución de las piezas de desgaste. El rotor profundo ha sido concebido pensando en el mantenimiento y en la vida útil óptima del rotor y de las piezas de desgaste.





A través de la creación de más espacio para que el material entre y pase por el rotor, se reduce tanto el consumo de energía como el desgaste del rotor. Puesto que utilizar un motor de CA con carga inferior a su capacidad máxima es ineficiente, podemos aprovechar este ahorro de energía de tres maneras:

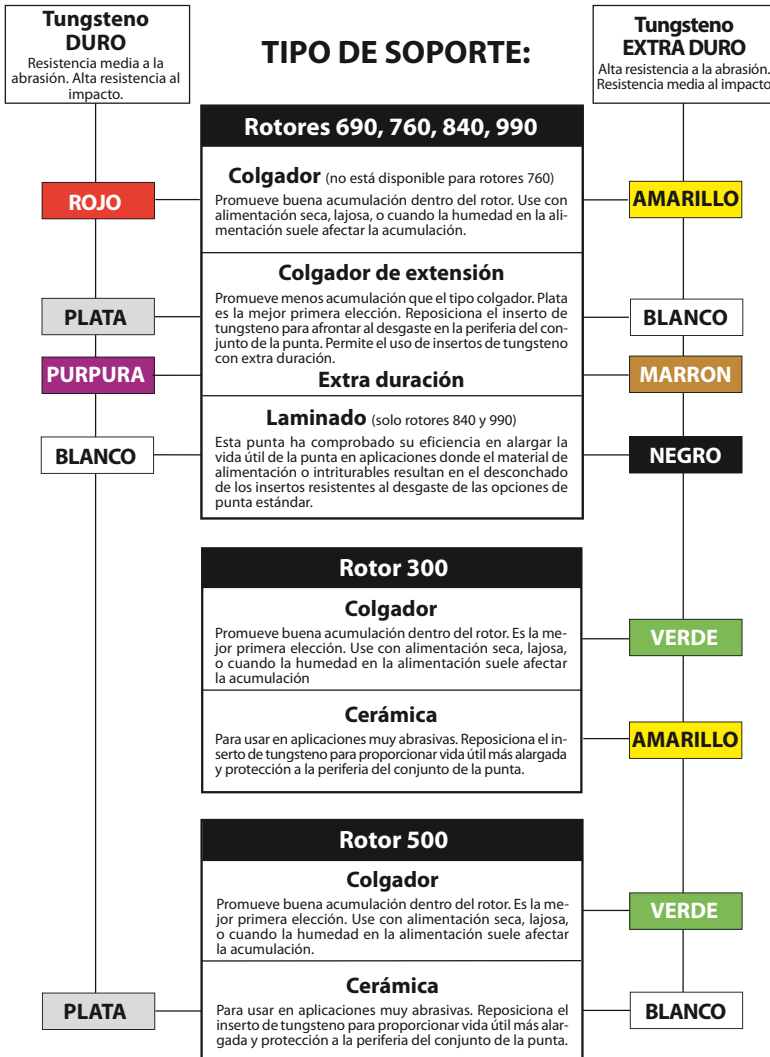
- Aumentando la tasa de alimentación del rotor - aumenta la cantidad de producto.
- Aumentando la velocidad del rotor - conduce a una mejor calidad del producto.
- Instalando un motor más pequeño - resulta en un ahorro de energía.

El cliente se beneficiará de:

- Menores costes de desgaste por tonelada. En algunos casos, la vida útil media de las piezas de desgaste se ha incrementado en el 50%, lo que significa menos tiempo de parada para mantenimiento y mayor disponibilidad de la trituradora.

- Menor consumo de energía por tonelada.
- Mayor tasa de producción para un determinado consumo de energía.
- Menor consumo de energía para una determinada tasa de producción.
- Mayor capacidad. Una población de partículas más densa en la cámara resulta en una reducción más eficaz y mejora forma del producto.
- Mejor fluidez gracias al mayor espacio libre en altura dentro del rotor, especialmente en el caso de materiales gruesos.

La tecnología de rotor profundo ha aumentado la producción, en algunos casos hasta el 30% en comparación con los rotosres estándar. También ha llevado a una reducción de los tiempos de parada, de los costes de mano de obra para mantenimiento y de las piezas de desgaste, lo que a su vez ha dado lugar a ventajas económicas significativas.



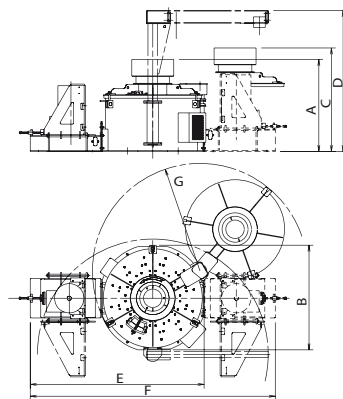
**RPM vs. Velocidad del rotor**

Velocidad de la punta (m/s)	800 (31,5")	950 (37,4")	1.050 (41,1")
45	1.075	905	819
50	1.194	1.006	910
55	1.314	1.106	1.001
60	1.433	1.207	1.092
65	1.553	1.307	1.183
70	1.672	1.408	1.274
75	1.791	1.509	–
80	1.911	–	–

Velocidad de la punta	300 (12") Punta estándar	300 (12") Punta cerámica	500 (20") Punta estándar	500 (20") Punta estándar	690 (27")	760 (30")	840 (33")	990 (39")	1.200 (48")
45 (148)	3.737	3.069	2.046	1.829	1.535	1.264	1.228	1.013	803
50 (164)	4.152	3.410	2.274	2.082	1.705	1.404	1.364	1.125	892
55 (180)	4.567	3.752	2.501	2.235	1.876	1.545	1.501	1.237	982
60 (197)	4.982	4.093	2.728	2.438	2.046	1.685	1.637	1.350	1.071
65 (213)	5.397	4.434	2.956	2.641	2.217	1.826	1.773	1.461	1.160
70 (230)	–	4.775	3.183	2.844	2.387	1.966	1.910	1.573	1.249
75 (246)	–	5.116	3.410	3.048	2.558	2.106	2.046	1.685	1.339

**Barmac Serie VI VSI - Especificaciones técnicas**

Modelo	VI200	VI300	VI400
Altura (A)	1.900	1.985	2.150
Anchura (B)	2.150	2.360	2.495
Altura abierta (C)	2.110	2.235	240
Altura de la grúa (D)	2.750	3.280	3.360
Base de motor único (E)	3.520	4.140	4.140
Base de doble motor (F)	—	—	5.840
Radio de giro de la tapa (G)	2.200	2.400	2.565



Modelo	VI200	VI300	VI400
Peso de la trituradora (sin motor) (kg)	7.000	10.000	14.000
Diámetro del rotor (mm)	800	950	1.050
Diámetro del tubo de alimentación (mm)	210	280	340
Accionamiento	simple	simple	simple/doble
Tamaño máx. de alimentación – rotor abierto – mm (")	80 (3 1/8")	125 (5")	125 (5")
Tamaño máx. de alimentación – rotor cerrado – mm (")	40 (1 1/2")	60 (2 1/2")	60 (2 1/2")
Potencia para producción máxima kW (cv)	132 (200)	250 (300)	400 (600)
Velocidad máxima – rpm (m/s)	1.900 (80)	1.500 (75)	1.300 (70)

Modelo Barmac	VI200	VI300	VI400
Tasa de producción mínima del rotor	50 tmph [55 tcph]	100 tmph [110 tcph]	200 tmph [220 tcph]

Para pulgadas divida por 25,4. Para pies/s multiplique por 3,28.


**Barmac Serie B VSI - Especificaciones técnicas**

	B3100SE	B5100SE	B6150SE	B7150SE	B9100SE
<b>Tamaño máximo de alimentación*</b> mm (pulgadas)	20 (¾)	32 (1¼)	37 (1¾)	58 (2¼)	66 (2¾)
<b>Diámetro del rotor</b> mm (pulgadas)	300 (12)	500 (20)	690 (27)	840 (33)	840 (33)/ 990 (39)
<b>Potencia instalada kW (c.v.)</b>	11 - 15 (15 - 20)	37 - 55 (50 - 70)	75 - 132 (100 - 175)	185 - 300 (250 - 400)	370 - 600 (500 - 800)
<b>Rango de rpm del rotor</b>	3.000 to 5.300	1.500 to 3.600	1.500 to 2.500	1.100 to 2.000	1.000 to 1.800
<b>Rango de capacidad de producción**</b> t/h	5 - 14	19 - 60	44 - 217	125 - 424	263 - 704
<b>Peso total en seco kg</b> <small>(Incluyendo motores)</small>	973	3.037	6.371	12.395	14.357

Para libras divide por 0,45

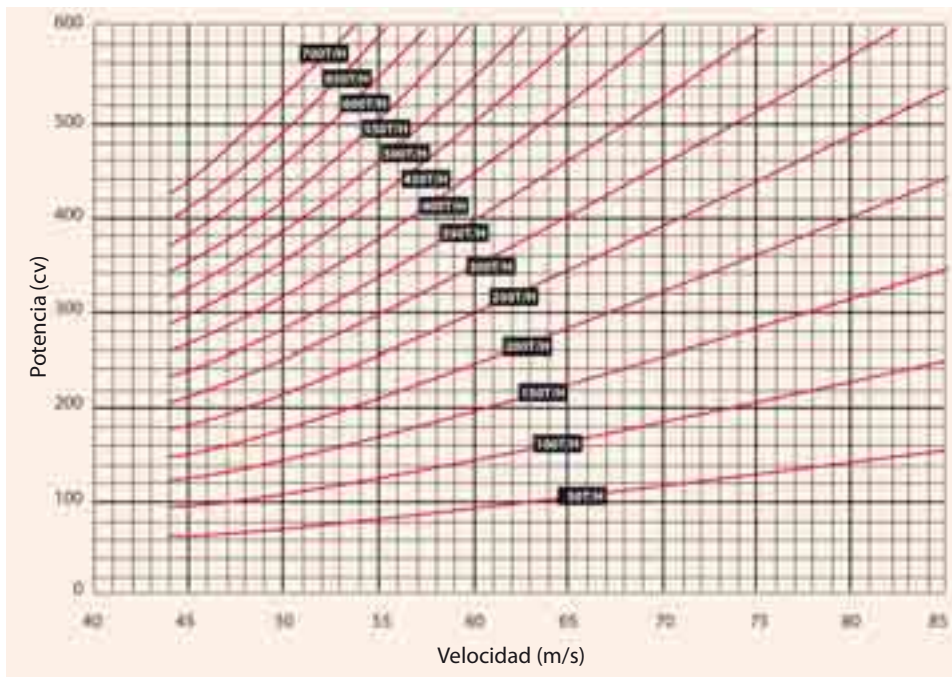
\* Estas cifras corresponden a la dimensión máxima de las partículas.

\*\* Las capacidades nominales que aparecen en esta tabla variarán con los cambios que se realicen a los parámetros de operación seleccionados para la trituradora y con las distintas características físicas del material de alimentación. Representan la capacidad pasando la trituradora. En el caso de un circuito cerrado la capacidad de producto final dependerá de la malla que cierra el circuito y de la eficiencia de cribado. Consulte el departamento de ingeniería en cada caso específico.

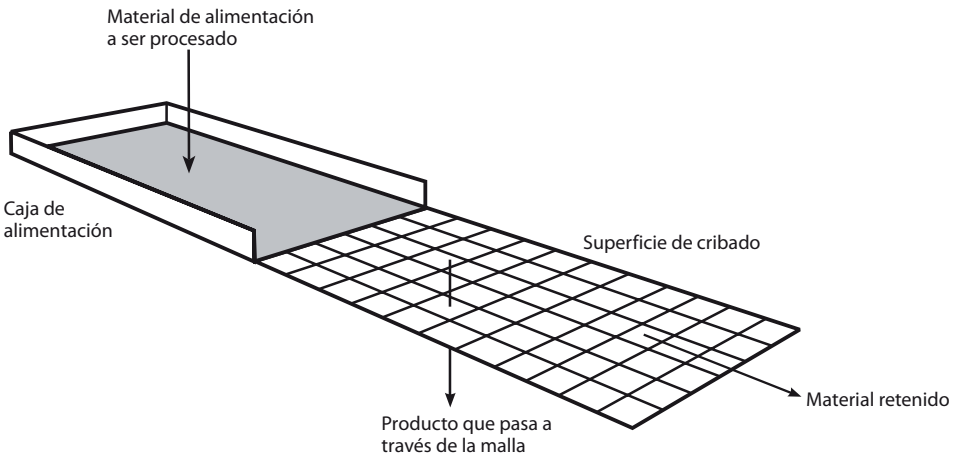
Modelo Barmac	B3100SE	B5100SE	B6150SE	B7150SE	B9100SE
<b>Tasa de producción mínima del rotor</b>	2,5 tmph [2,8 tcph]	10 tmph [11 tcph]	30 tmph [121 tcph]	110 tmph [121 tcph]	180 tmph [198 tcph]



Potencia requerida



Para pies/s multiplique por 3,28  
Para kW divida por 1,36

**CRIBADO**


Los principios de cribado para cribas vibrantes son básicamente los mismos en cualquier aplicación. El material a ser cribado, cuando es lanzado sobre la caja de alimentación o directamente sobre la superficie de cribado, pierde su componente de velocidad vertical y cambia la dirección de su movimiento. Bajo el efecto de la vibración, la capa de material tiende a desarrollar un estado fluido.

Una vez que el material esté sobre la superficie de cribado, ocurren dos procesos que posibilitan la clasificación:

**ESTRATIFICACION**

Este es el proceso en el que por efecto del movimiento vibratorio, las partículas gruesas suben a la parte superior de la capa de material y las partículas más pequeñas buscan su camino hacia la parte inferior de la capa a través de los espacios creados entre las partículas gruesas.

Los factores interrelacionados que afectan la estratificación son:

1. Velocidad del flujo de material: una función de la estratificación del material, espesor de la capa, características de carrera, e inclinación de la criba.
2. Características de la carrera: amplitud, dirección, rotación, tipo de movimiento y frecuencia.
3. Humedad superficial de las partículas – un alto contenido de humedad dificulta la estratificación.

**CLASIFICACION – CONCEPTOS GENERALES**
**PROBABILIDAD DE SEPARACION**

Este es el proceso en el que las partículas llegan a la malla y, según sean mayores o menores que las aberturas de la malla, son rechazadas o pasan a través de la criba.

La probabilidad de separación de una partícula es una función de la relación entre su tamaño y la abertura de la malla de la criba. Cuanto mayor sea la diferencia de tamaño, mayor será la probabilidad que las partículas pasen o sean rechazadas y viceversa. Las partículas con tamaño  $d > 1,5 a$  (donde  $a$  = abertura de la malla) tienen poca importancia para el resultado del cribado. La cantidad relativa de estas partículas tiene mayor influencia sobre el desgaste y el consumo de energía.

Las partículas con tamaño  $d < 0,5 a$  también son poco relevantes ya que pasan fácilmente a través de la malla.

Las partículas de tamaño  $0,5 a < d < 1,5 a$  se llaman "clase crítica" y determinan tanto la eficiencia como la capacidad, ya que:

- a) A menudo, las partículas  $0,5 a < d < a$  requieren varias tentativas antes de pasar a través de la malla.
- b) Las partículas  $a < d < 1,5 a$  atascan muchas aberturas antes de salir de la malla como material retenido.

**MECANISMO – CLASIFICACION**

La tasa del flujo de material a través de las aberturas de malla de la criba varía según el grado de estratificación y probabilidad.

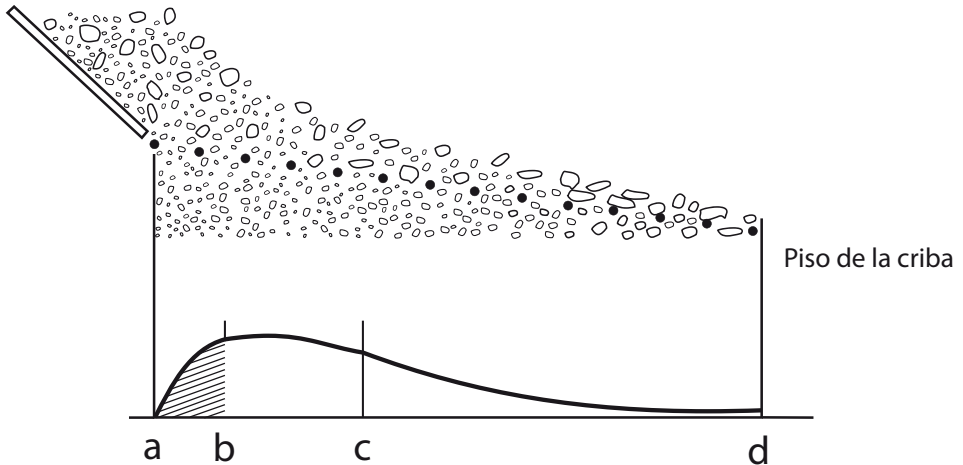
Cuando se descarga el material en la extremidad de alimentación de la superficie de cribado, la vibración causa la estratificación (primera figura en la página 5-8). Esta sección consiste en el espacio entre los puntos a y b, con la máxima estratificación en b. La máxima remoción de partículas ocurre entre b y c (sección de cribado saturado) el punto de mayor probabilidad, debido al gran porcentaje de material fino. La sección entre los puntos c y d es la de menor probabilidad.

En esta sección la probabilidad de que las partículas pasen las aberturas de la malla es menor debido al mayor porcentaje de partículas de la clase crítica.

Con una criba típica de separación simple, como se puede apreciar en la figura arriba mencionada, una separación perfecta (100% de eficiencia) no es comercialmente viable porque a partir del punto de la probabilidad de que las partículas pasen a través de las aberturas es muy baja. Teóricamente, para una separación absolutamente perfecta se requeriría una criba de longitud infinita, debido a que la curva en la figura se vuelve asíntota al eje longitudinal de la criba.

Normalmente, se considera comercialmente perfecto un cribado con una eficiencia del 90...95%.

La “separación perfecta” se determina mediante un análisis de laboratorio con periodos de prueba de 1 a 3 minutos. Comercialmente, este tipo de prueba corresponde a un traslado de material a lo largo de una criba con 30...60 metros de longitud. La longitud de la mayor criba simple disponible en el mercado es de 8 metros.

**CLASIFICACION – CONCEPTOS GENERALES**
**Alimentación**


a – b estratificación junto a la extremidad de alimentación

b – c cribado saturado

c – d separación por tentativas repetidas

Figura: Estratificación y separación en la criba: Relación flujo de partículas a través de la criba vs. longitud de la criba.

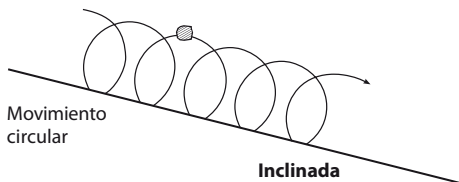
**MOVIMIENTO DE VIBRACION**

Generalmente, el movimiento de vibración se produce por medio de mecanismos vibrantes basados en masas excéntricas con amplitud de 1,5 a 5 mm operando dentro de un rango de 700 a 1.000 revoluciones por minuto.

Para una buena calidad de separación, se necesita una buena relación entre amplitud y frecuencia. Es deseable que cuando el material se traslada sobre la criba, las partículas no caigan en la misma abertura al mismo tiempo y que no salten varias aberturas. Por eso, se debe tener en cuenta:

- Aberturas mayores: mayor amplitud – menor velocidad
- Aberturas menores: menor amplitud – mayor velocidad

En una criba inclinada la vibración se produce por un movimiento circular en un plano vertical. La vibración levanta el material produciendo estratificación y las partículas se trasladan sobre la superficie de la criba debido al movimiento vibratorio y a su inclinación.


**CLASIFICACION – CONCEPTOS GENERALES**

En cribas horizontales, el movimiento deberá ser capaz de transportar el material sin ayuda de la gravedad.

Un movimiento rectilíneo con una inclinación de aproximadamente 45°, con relación a la horizontal, produce un componente vertical que permite la estratificación y un componente horizontal que permite el transporte.


**EFICIENCIA DE CRIBADO**

Una de las grandes preocupaciones en la clasificación es la eficiencia de cribado. Básicamente, la eficiencia es la calidad de separación obtenida por la criba.

Una criba operando con baja eficiencia puede causar problemas graves, entre los que podemos mencionar:

1. Sobrecarga del circuito cerrado de trituración – Una criba operando con baja eficiencia genera más carga recirculante, ya que una parte del material que debería pasar por la criba retorna al circuito, reduciendo el rendimiento del triturador y sobrecargando a las cintas transportadoras y otros equipos auxiliares.
2. Productos que no cumplen especificaciones – Una criba de clasificación final que opera con baja eficiencia puede generar productos contaminados con partículas de tamaños que no estén de acuerdo con las especificaciones.

La evaluación de los resultados del proceso de cribado se hace mediante la determinación de los factores de eficiencia y de la contaminación de las fracciones separadas.

Hay dos tipos de eficiencia que debemos tener en cuenta, dependiendo del producto considerado:

**1. EFICIENCIA DE REMOCION DE SUBDIMENSIONADO**

Cuando el producto considerado es el material retenido en la criba (sobredimensionado), es deseable tener un mínimo de material subdimensionado.

La eficiencia de remoción de subdimensionado se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E_1 = 100 - b \quad (1)$$

donde:

b = % de subdimensionado en el producto

$$E_1 = \frac{\% \text{ (o t/h) retenido en la alimentación}^*}{\% \text{ (o t/h) alimentación realmente retenida}^{**}} \times 100 \quad (2)$$

\* Valor obtenido mediante el análisis de alimentación

\*\* Valor obtenido del material sobredimensionado retenido en la criba

## 2. EFICIENCIA DE RECUPERACION DE SUBDIMENSIONADO

Cuando el producto considerado es el material que pasa a través de la criba (subdimensionado), es deseable recuperar el máximo posible de material subdimensionado existente en la alimentación. La eficiencia de recuperación de subdimensionado se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E_2 = \frac{\% \text{ (o t/h) de alimentación que realmente pasa}^*}{\% \text{ (o t/h) de alimentación que debería pasar}^{**}} \times 100 \text{ (3)}$$

\* Valor obtenido del análisis del material retenido en la criba

\*\* Valor obtenido mediante el análisis de alimentación

$$E_2 = \frac{100 (a - b)}{a (100 - b)} \times 100 \text{ (4)}$$

donde:

a = % de subdimensionado en la alimentación como % de alimentación

b = % de subdimensionado en el producto retenido como % de sobredimensionado.

### Contaminación del producto retenido

Se determina mediante el porcentaje de material pasante en el rechazo (valores normales aceptables: 5-20%)

### Contaminación del producto pasante

Se determina por el porcentaje de material rechazado en el producto pasante (valores normales aceptables: 2-10%)

Ejemplos:

Analizando la alimentación (100 t/h) de la criba en cribas de ensayo, se verifica que el 90% (90 t/h) es material menor que 1", pero sólo 81 t/h pasan a través de la criba, Así, tenemos los siguientes datos:

90% = subdimensionado en la alimentación (debería pasar)

10% = sobredimensionado en la alimentación (debería quedar retenido)

81% = realmente pasa

100 - 81 = 19% queda realmente retenido

19 - 10 = 9% del material pasante queda en el retenido contaminándolo

a = 90%

b = (9:19) x 100 = 47

Las eficiencias en conformidad con las formulas presentadas son:

#### • Eficiencia de remoción de subdimensionados

Según la formula 1

E1 = 100% - 47% = 53 %

Según la formula 2

E1 = (10 : 19) x 100 = 53%

donde:

10 es el % de la alimentación sobredimensionada

19 es el % de la alimentación realmente retenida

#### • Eficiencia de recuperación de subdimensionados

Según la formula 3

E2 = (81 : 90) x 100 = 90%

81% realmente pasa

91% debería pasar

Según la formula 4

$$E_2 = \frac{100 (90 - 47)}{90 (100 - 47)} \times 100 = 90\%$$

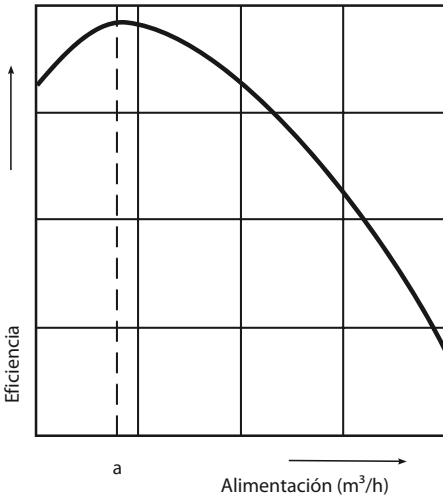
### Observación importante

Según los resultados obtenidos, dependiendo del producto considerado, se pueden lograr eficiencias bastante diferentes para la misma criba. Esto se debe a las características de la alimentación y en la mayoría de los casos no significa un rendimiento ineficiente de la criba. En el caso de haber menos del 20% de material sobredimensionado o pasante en la alimentación, los valores calculados para la eficiencia de remoción o de recuperación de material pasante no siempre reflejan la verdadera eficiencia. Esto se debe al hecho de que mismo en el caso de pequeñas cantidades, el material pasante retenido en la criba afecta significativamente a la eficiencia. En estos casos, se recomienda aumentar el área de cribado en un 20% relativamente al área calculada.



## EFICIENCIA X TASA DE ALIMENTACION

Para un dado conjunto de criba y características de material, la eficiencia depende fundamentalmente de la tasa de alimentación, como indicado en el gráfico a continuación (aquí, eficiencia se refiere a la eficiencia de recuperación de subdimensionado).



Para bajas tasas de alimentación, a la izquierda del punto "a", la eficiencia real se incrementa con el incremento de la alimentación. La capa de material sobredimensionado (material de tamaño superior al tamaño de las aberturas de la malla) encima de las partículas de tamaño marginal impide que estas salten excesivamente, incrementando el número de tentativas de paso y forzándolas a través de la criba.

Allá del punto "a" la eficiencia se reduce rápidamente con el incremento de la tasa de alimentación, dado que la criba no tiene capacidad suficiente para separar todo el material subdimensionado contenido en la alimentación.

Nota: En condiciones de cribado ineficientes se debe inspeccionar la estratificación, ya que los artificios de rotación en contracorriente y de reducción de amplitud y frecuencia para aumentar el tiempo de retención del material en la criba, pueden generar una capa de material demasiado espesa en la criba, empeorando aún más la eficiencia.

No es posible determinar un valor fijo para la eficiencia. Una criba de clasificación final, operando para producir productos que cumplan especificaciones estrictas, debería operar con una eficiencia del 90% o superior. Sin embargo, en la misma planta, una eficiencia del 60-70% podría ser suficiente para clasificación intermedia. En la mayor parte de los casos, eficiencias entre el 90 y el 95% se pueden considerar como comercialmente perfectas.

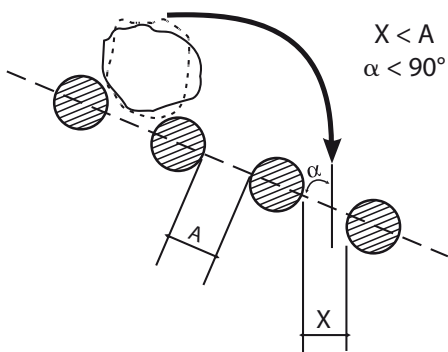


## SELECCION DE LA ABERTURA DE MALLA EN FUNCION DEL TAMAÑO DE SEPARACION DESEADO

La función de las cribas vibratorias consiste en la separación de materiales en fracciones de tamaños, evitando la contaminación excesiva de una fracción con partículas de otra fracción.

Los tamaños de productos obtenidos de esta manera se miden en cribas de laboratorio en las que la malla está orientada horizontalmente y el tiempo de cribado muy largo asegura el paso de todas las partículas con tamaño inferior al de las aberturas de la malla usada.

El proceso de separación en las cribas vibrantes es diferente del proceso en los equipos de laboratorio. La inclinación de la criba y la trayectoria de las partículas reducen la proyección (X) del área de paso libre (A) como se ilustra en la siguiente figura:



Como consecuencia, las partículas que pasan son ligeramente menores que la abertura de la malla.

El espesor y el tipo de material de la malla también tiene influencia sobre el tamaño del material pasante.

Para obtener una separación bien definida, la abertura de la malla debe ser siempre ligeramente mayor que el tamaño de separación especificado.

En resumen, tenemos las siguientes definiciones:

**Tamaño del producto** - la abertura de la malla de la criba de laboratorio a través de la cual pasa el material probado.

**Abertura equivalente** – abertura de malla de criba vibrante que logra un tamaño de producto específico.

**Abertura equivalente > tamaño de producto**

Por razones prácticas, se considera aceptable que un producto contenga un 3-5% de material con dimensiones ligeramente mayores que las del tamaño especificado, tomándose eso en cuenta en los factores para determinación de la capacidad de la criba vibrante.

Por ejemplo, si deseamos obtener un producto de 20 mm, la abertura de la malla de la criba tendrá que ser mayor y el producto contendrá el 3% de partículas con un tamaño ligeramente mayor que 20 mm.

Por otro lado, si decidimos usar una abertura de malla igual que el tamaño deseado de 20 mm, el material pasante será libre de contaminación, pero el retenido será altamente contaminado con finos y jamás podrá lograr una eficiencia aceptable.

Este fenómeno deriva del hecho de que en realidad reducimos el tamaño del producto, y la eficiencia debería medirse en relación con el menor tamaño de separación.

La tabla a continuación puede facilitar la selección de la abertura de malla correcta para obtener los productos deseados con una criba vibrante.

**RELACION APROXIMADA ENTRE EL TAMAÑO DE PRODUCTO Y ABERTURA DE MALLA DE LA CRIBA**

Tamaño de producto	Tipo de malla y forma de la abertura			
	Metálica / cuadrada	Metálica / rectangular (1/3)	Plástico, goma, placa de acero /cuadrada	Plástico, goma, placa de acero/ rectangular (1/3)
mm	mm	mm	mm	mm
2	3	1,5 x 5	4,5	2 x 6
3	4	2 x 6	6	2,5 x 8
4	5	3 x 9	7	4 x 12
5	6,5	4 x 12	8,5	5 x 15
6	8	5 x 15	9,5	6 x 18
8	10	6 x 18	12	8 x 24
10	12,5	8 x 24	14,5	10 x 30
12	15	9,4 x 30	17	12 x 36
14	17	11 x 33	19	14 x 42
16	19	12 x 36	21,5	16,5 x 50
18	21	13,5 x 40	23,5	18,5 x 58
20	23	15 x 45	25,5	21 x 60
22	25	16,5 x 50	27	22 x 65
24	27	18 x 54	31	24 x 70
26	30	19,5 x 60	34	26 x 75
28	32,5	21 x 63	36,5	28 x 85
30	35	22,5 x 70	39	31 x 90
32	37		41	
34	40		44	
36	42		48	
40	46		50	
44	51		55	
48	56		59	
52	60		65	
56	65		70	
60	70		75	
64	75		80	
68	80		85	
72	84		90	
76	88		94	
80	94		100	
84	98		105	
88	103		110	
92	107		115	
100	117		125	

Para pulgadas dividir por 25,4

**ALAMBRES RECOMENDADOS Y ABERTURA LIBRE DE LA MALLA (métrico)**

Malla	Tipo ligero			Tipo Estándar			Tipo pesado		
	Alambre	Peso de la malla kg/m <sup>3</sup>	Abertura libre %	Alambre	Peso de la malla kg/m <sup>3</sup>	Abertura libre %	Alambre	Peso de la malla kg/m <sup>3</sup>	Abertura libre %
3	1,2	4,4	51	1,6	7,1	43	1,8	8,6	39
4	1,6	5,8	51	2,0	8,5	44	2,5	12,2	38
5	2,0	7,3	51	2,5	10,6	44	3,0	14,3	39
6	2,0	6,4	56	2,5	9,3	50	3,0	12,7	44
8	2,0	5,1	64	2,5	7,6	58	3,0	10,4	53
10	3,0	8,8	59	3,5	11,5	55	4,0	14,5	51
12	2,5	5,5	69	3,0	7,6	64	4,0	12,7	56
14	2,5	4,8	72	3,5	8,9	64	4,5	13,9	57
16	3,0	6,0	71	4,0	10,2	64	5,0	15,1	58
19	4,0	8,8	68	5,0	13,2	63	6,0	18,3	58
22	4,0	7,8	72	5,0	11,8	66	6,0	16,3	62
25	4,0	7,1	74	5,0	11,0	70	6,0	14,8	65
28	5,0	9,5	72	6,0	13,3	68	8,0	22,1	60
32	5,0	8,6	75	6,0	12,0	71	8,0	20,5	64
36	5,0	7,7	77	6,0	10,7	73	8,0	18,2	67
40	6,0	9,8	76	8,0	16,6	70	10,0	25,9	64
45	6,0	8,9	78	8,0	15,0	72	10,0	23,4	67
50	6,0	8,0	80	8,0	14,2	74	10,0	20,9	70
56	8,0	12,6	77	10,0	19,7	72	12,0	26,6	68
63	8,0	11,9	79	10,0	17,3	75	12,0	24,9	71
71	10,0	16,0	77	12,0	23,1	73	15,0	33,3	68

**ALAMBRES RECOMENDADOS Y ABERTURA LIBRE DE LA MALLA (imperial)**

Malla (plg)	Tipo ligero			Tipo Estándar			Tipo pesado		
	Alambre (plg)	Peso de la malla kg/m <sup>3</sup>	Abertura libre %	Alambre (plg)	Peso de la malla kg/m <sup>3</sup>	Abertura libre %	Alambre (plg)	Peso de la malla kg/m <sup>3</sup>	Abertura libre %
1/8	0,054	6,0	45	0,072	8,9	40	0,092	15,1	29
3/16	0,080	7,6	51	0,092	10,2	45	0,120	16	38
1/4	0,105	9,8	49	0,120	13,1	46	0,135	16,4	40
5/16	0,120	11,4	52	0,135	13,5	49	0,148	16,4	46
3/8	0,135	12,5	53	0,148	14,0	51	0,162	15,8	47
7/16	0,148	13,2	55	0,162	14,6	53	0,177	17,8	50
1/2	0,162	13,9	57	0,177	15,4	54	0,192	18,6	52
5/8	0,177	12,5	62	0,192	14,8	58	0,225	20	56
3/4	0,192	13,2	64	0,207	14,7	61	0,250	26	56
7/8	0,207	13,0	65	0,225	15,3	63	0,250	18,6	59
1	0,225	14,8	66	0,250	16,4	64	0,3125	26,5	57
1 1/8	0,225	13,6	69	0,250	14,9	67	0,3125	24	61
1 1/4	0,250	13,4	70	0,3125	20,5	64	0,375	30	60
1 3/8	0,250	12,6	72	0,3125	18,9	66	0,375	29	62
1 1/2	0,250	12,0	73	0,3125	17,6	68	0,375	28	63
1 3/4	0,3125	16,7	73	0,375	21,6	68	0,4375	28	64
2	0,3125	15,2	74	0,375	18,8	70	0,4375	25	67
2 1/4	0,375	17,5	74	0,4375	23,2	70	0,500	28	68
2 1/2	0,375	16,8	76	0,4375	21,2	72	0,500	27	70
2 3/4	0,375	16,8	78	0,4375	19,5	74	0,500	24	72
3	0,4375	20	76	0,500	23,2	73	0,625	33	68

**TABLA COMPARATIVA DE CRIBAS ESTANDAR**

Aberturas en mm	ASTM / ASA / USS	TYLER / MESH	ABNT - EB - 22 - R
101,6	4"	—	—
88,96	3 1/2"	—	—
76,2	3"	—	76
63,5	2 1/2"	—	—
50,8	2"	—	50
44,4	1 3/4"	—	—
38,1	1 1/2"	—	38
31,7	1 1/4"	—	—
25,4	1"	—	25
19,1	3/4"	—	19
15,9	5/8"	—	—
12,7	1/2"	—	—
9,52	3/8"	—	9,5
7,93	5/16"	—	—
6,35	1/4"	—	—
5,66	3,5	3,5	—
4,76	4	4	4,8
4,00	5	5	—
3,36	6	6	—
2,83	7	7	—
2,38	8	8	2,4
2,00	10	9	2
1,68	12	10	—
1,41	14	12	—
1,19	16	14	1,2
1,00	18	16	—
0,84	20	20	—
0,71	25	24	—
0,59	30	28	0,6
0,50	35	32	—
0,42	40	35	0,42
0,35	45	42	—
0,297	50	48	0,30
0,250	60	60	—
0,210	70	65	—
0,177	80	80	—
0,149	100	100	0,15
0,125	120	115	—
0,105	140	150	—
0,088	170	170	—
0,074	200	200	0,075
0,062	230	250	—
0,053	270	270	—
0,044	325	325	—
0,037	400	400	—

**Bases para la selección de las cribas y para influenciar el rendimiento**

Con sus varias funciones en el proceso, las cribas tienen un papel muy importante en los circuitos de trituración. La relevancia de ese papel depende principalmente de su ubicación en el proceso. Las funciones de cribado, requisitos básicos y los tipos más comunes de cribas en el proceso de trituración son:

**Separación preliminar**

- Normalmente antes de entrar a la trituradora primaria para separar el material menor que el reglaje.
- Ningún requisito de eficiencia de cribado.
- Alimentadores precribador de barras o cribas inclinadas (versión primaria).

**Cribado en circuito cerrado con una trituradora**

- Ningún requisito difícil de eficiencia, excepto plantas de 2 etapas, donde se usa la misma criba para cribar el producto.
- Equilibrio del proceso
- Criba inclinada o horizontal

**Cribado del producto**

- Requisitos de eficiencia severos, medidos en términos de porcentaje de material subdimensionado/sobredimensionado en el producto,
- Principalmente pendiente doble o triple o criba horizontal.

Las cribas también tienen un papel importante en el incremento de la calidad del producto final, a saber

**Separando desechos, lo que puede hacerse en diferentes etapas**

- Antes de entrar a la trituradora primaria para extraer los desechos del material de alimentación.
- Después de salir de la trituradora primaria para extraer lascas de la primaria.
- Después de salir de la trituradora secundaria para extraer lascas de la secundaria.

**Equilibrio del proceso con una criba**

- Definición del material de alimentación correcto para las trituradoras de finos.

**Cribado en circuito cerrado**

- Más material de soporte en la cámara de la trituradora para mejorar la forma.
- Posibilidad de triturar un porcentaje de productos acabados, por ejemplo el 20-30% de 11-16 y 16-22.

Los principales parámetros de trituración con efecto en el rendimiento de la criba son:

- Características de la alimentación y factores ambientales.
- Características de la criba y
- Características del elemento de cribado (malla de la criba)

**Características de los parámetros de la criba:**

Longitud de carrera y altura de amplitud del material

En conjunto, la longitud de carrera, velocidad de rotación, ángulo de carrera e inclinación de la criba son parámetros que afectan la operación de la criba. Los factores fundamentales deben ser proporcionales.

La longitud de carrera y la amplitud del material tienen efecto sobre:

- cómo el material del alimentador empieza a separarse en la caja de alimentación y en la superficie de cribado. La separación y la mezcla de la capa de material son eficientes con una carrera larga.
- cómo las aberturas de la malla se mantienen desobstruidas. Con carrera demasiado corta la amplitud del material también queda corta y la malla de la criba se atasca. Este problema ocurre cuando el tamaño de la abertura es grande (50 mm o superior).

En la práctica, la carrera usada en una criba horizontal es de 7 – 20 mm. Se puede usar una carrera corta cuando se criba con tamaño pequeño de abertura malla. Por causa de la mezcla y separación, se recomienda una carrera larga.

La carrera se define por la masa oscilante y el movimiento del volante de la unidad de vibración. La velocidad de rotación no tiene cualquier efecto visible en la carrera.

**Velocidad de rotación y aceleración**

- La aceleración de la caja de la criba puede ser calculada en base a la carrera y la velocidad de rotación. Cuando se incluye el ángulo de carrera y la inclinación en el cálculo, se pueden encontrar la aceleración vertical. La aceleración vertical tiene efecto en la eficiencia de cribado y tasa de avance.
- Para lograr un buen resultado de cribado con cribas horizontales la aceleración debe ser de 4,5-5,6xG (=9,81 m/s<sup>2</sup>). Para evitar daños estructurales en la unidad de trituración, no es permitida una aceleración de 6-7 veces superior a G.

### Angulo de carrera

El ángulo de carrera tiene influencia sobre la amplitud del material y la tasa de avance. El ángulo de carrera más adecuado para cribas horizontales es de 55-60 grados. Una posición muy vertical puede reducir la tasa de avance pero reduce la eficiencia de cribado. También incrementa la tasa de desgaste de la malla.

### Inclinación de la superficie

Se puede incrementar la velocidad de avance inclinando la superficie de cribado. Con una inclinación de la superficie muy pronunciada, la carrera debe ser corta para evitar que el material deslice rápidamente sobre la malla. La inclinación de la superficie puede ayudar a mantener las aberturas de la malla abiertas con mayor facilidad.

### La velocidad de avance

La velocidad de avance tiene influencia sobre la eficiencia y capacidad de cribado. El incremento de la velocidad de avance puede reducir el espesor de la capa de material y mejorar la eficiencia de cribado.

### Longitud y anchura de la criba

Las etapas de cribado son:

- Estratificación de la capa
- Extracción de finos en el principio de la superficie de cribado
- Separación de la fracción deseada en el fin de la superficie

El espesor de la capa de material no puede ser más de 3-5 veces superior al tamaño de la abertura de la malla en el lado de descarga de la superficie de cribado. Una capa más espesa de material reduce la eficiencia de cribado. La capacidad de alimentación para cada tamaño de malla depende de la anchura de la criba. Para un cribado eficiente, el espesor de la capa de material debe ser por lo menos 2 veces el diámetro de la abertura de malla en el fin de la superficie de cribado. Así, el volumen de sobredimensionado determinará la anchura de la criba.

### Factor de piso

El factor de piso debe ser considerado en los cálculos de los pisos inferiores de cribas con pisos múltiples. En los pisos inferiores la alimentación disminuye en el principio del piso y en la dirección del flujo, razón por la cual el material próximo del tamaño de separación no es cribado.

### Area efectiva de cribado

El área efectiva de cribado es el área en la que el material pasa a través de la superficie. La área efectiva de cribado es cerca de 0,7-0,9 veces el área total. El área total es determinada por los parámetros internos de la unidad de cribado: longitud x anchura.

En la tabla a continuación se presenta resumidamente el impacto de distintos parámetros. Los datos en la tabla son indicativos y están basados en parámetros estándar bajo condiciones normales de operación.

Efecto sobre...	Eficiencia de cribado			Capacidad de alimentación	Eficiencia de la malla en obturación	Eficiencia de la malla en adherencia
	Malla fina	Malla media	Malla gruesa			
<b>Velocidad de rotación incrementada</b>	++	++	+	+	+	++
<b>Longitud de carrera incrementada</b>	-	+	++	++	++	+
<b>Angulo de carrera incrementado</b>	+	+	+	-	+	+
<b>Inclinación incrementada</b>	-	-	-	++	++	0

- ++ Efecto muy favorable
- + Efecto favorable
- Efecto desfavorable
- Ningún efecto significativo

### Características de la malla de la criba

La selección de la malla de la criba se hace en base a varios factores. En la tabla a continuación se presenta la aptitud básica de distintas mallas en algunas aplicaciones principales.



Aplicación de cribado	Malla de alambre	Placa perforada	Uretano	Goma de alto durómetro	Goma de bajo
Separación preliminar (seco)	Razonable	Buena-Excelente	No se recomienda	Excelente	No se recomienda
Separación preliminar (húmedo)	Razonable	Buena	Buena-Excelente	Buena-Excelente	No se recomienda
Secundario (seco)	Razonable-Buena	Buena-Excelente	Razonable-Buena	Excelente	Excelente
Secundario (húmedo)	Razonable-Buena	Razonable-Buena	Excelente	Buena-Excelente	Buena
Terciario (seco)	Buena	Razonable-Buena	Buena	Buena-Excelente	Excelente
Terciario (húmedo)	Buena	Buena	Excelente	Buena-Excelente	Buena-Excelente
Desagüe	Razonable	Razonable	Excelente	No se recomienda	Razonable
Fino (4,8 mm)	Excelente	No se recomienda	Buena-Excelente	No se recomienda	Razonable

## Mallas de cribado

Leyenda		Mallas Tensadas				
Excelente	+++++	Metálicas			Sintéticas	
Menos conveniente	+	Tejido de alambre	Zigzag	Arpa	Goma	PU
Coste		+++++	+++	++++	++	++
Abrasividad del material	baja	++++	++++	++++	+	+
	media	++	++	++	++	++
	alta	+	+	+	++++	++++
Tamaño máx. de alimentación		150 mm	Caso por caso	Caso por caso	200 mm	150 mm
Tamaño máx. de abertura		80 mm	20 mm	40 mm	80 mm	80 mm
Area abierta		+++	+++	++++	++	++
Contra enclavijado		+	+++	Para quitar lascas	++	++
Contra atascamiento		+	+++	++++	++	++
Separación exacta		++++	++++	+	+++	++++
Reducción de ruido		+	+	+	++++	++++
Comentarios			Cribado fino y seco, recomendado para fracciones <6 mm, y necesaria para fracciones <3mm	Cribado difícil de material con arcilla, lodo, etc.		Recomendado para cribado en húmedo

## SELECCION Y DIMENSIONAMIENTO

### DATOS NECESARIOS

a) Características de los materiales a ser cribados:

- Densidad
- Tamaño máximo de alimentación
- Granulometría del producto
- Forma de la partícula
- Contenido de humedad
- Presencia o falta de material arcilloso
- Temperatura, etc.

b) Capacidad

c) Rangos de separación de producto

d) Eficiencia deseada

e) Tipo de tarea

- Lavado
- Clasificación final
- Clasificación intermedia, etc.

f) Existencia o no de limitaciones de espacio y peso

g) Grado de conocimiento del material y del producto deseado

### SELECCION DE LAS CRIBAS

Se seleccionan las cribas básicamente en conformidad con las características del material y tipo de tarea.

## DIMENSIONAMIENTO

Se selecciona el tamaño de la criba basándose en el área de cribado y anchura de la criba.

La anchura de la criba, por su parte, se calcula para proporcionar el espesor de la capa de material sobre la criba compatible con la malla usada.

### CALCULO DEL AREA DE CRIBADO

El área de cribado se calcula mediante la siguiente formula:

$$\text{Area} = \frac{Q_u \cdot S}{Q_{\text{spec}}} \quad [\text{m}^2]$$

Donde: **Qu** es la cantidad (t/h) de partículas subdimensionadas en la alimentación.

**Q<sub>spec</sub>** = Capacidad Específica de Cribado

**D** = posición del piso

Posición del piso	1	2	3	4
D	1	0,9	0,8	0,7

**E** = Cribado en húmedo

Separación (mm)	1 - 6	6 - 12	12 - 25	26 - 40	41 - 50	51 - 75	+75
E	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1

**F** = peso del material

F se aplica a granulometrías basadas en 0

Densidad sólida [t/m <sup>3</sup> ]	1,35	2,7	5,4
F	0,5	1	2

**G** = área abierta de la superficie de cribado

$$G = \frac{\text{Área realmente abierta (\%)}}{50\%}$$

**H** = forma de la abertura de malla

Abertura	Circular	Cuadrada	Rectangular
H	0,9	1	1,05

**S** = factor que puede asumir valores entre 1 e 1,4, siendo una función del conocimiento y confianza que se tenga en los datos disponibles sobre el material a ser cribado.

En plantas de minería donde los datos de material, tamaño de la abertura de la malla de cribado y capacidad son muy bien conocidos y fiables, se puede adoptar un factor S de 1.

$$Q_{\text{spec}} = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H \cdot I \cdot J \cdot K \cdot L$$

Donde:

**A** = capacidad básica para la separación requerida en toneladas métricas por hora y metro cuadrado del área de la criba. Diagrama a continuación.

**B** = factor dependiente del porcentaje de material retenido. Véase diagrama a continuación.

**C** = factor relacionado con el porcentaje, en la alimentación, de material con tamaño inferior a la mitad del tamaño de separación requerido. Véase diagrama a continuación.

**I** = forma de las partículas

Forma	Redondeada	Cúbica	Lajosa
<b>I</b>	1,2	1	0,9

**J** = eficiencia

Eficiencia [%]	70	75	80	85	90	92	94	96
<b>J</b>	1,4	1,25	1,1	1,05	1	0,98	0,95	0,9

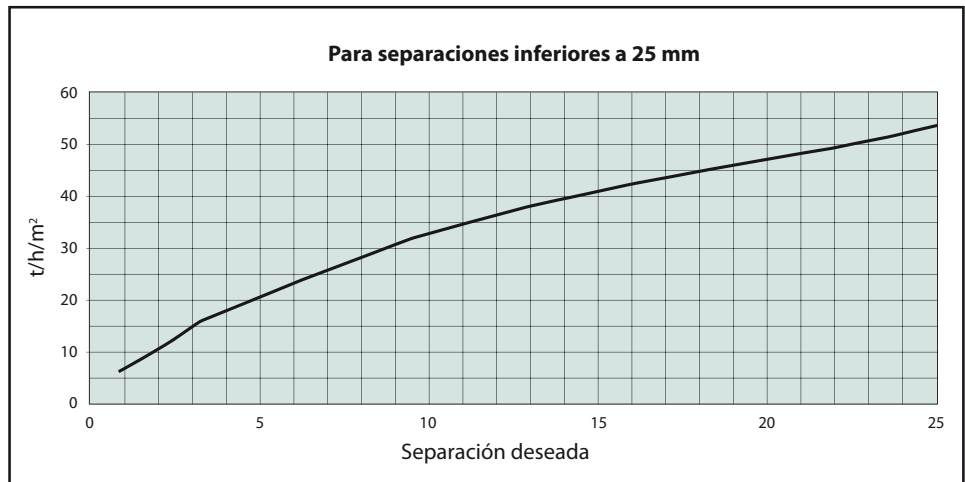
**K** = tipo de criba

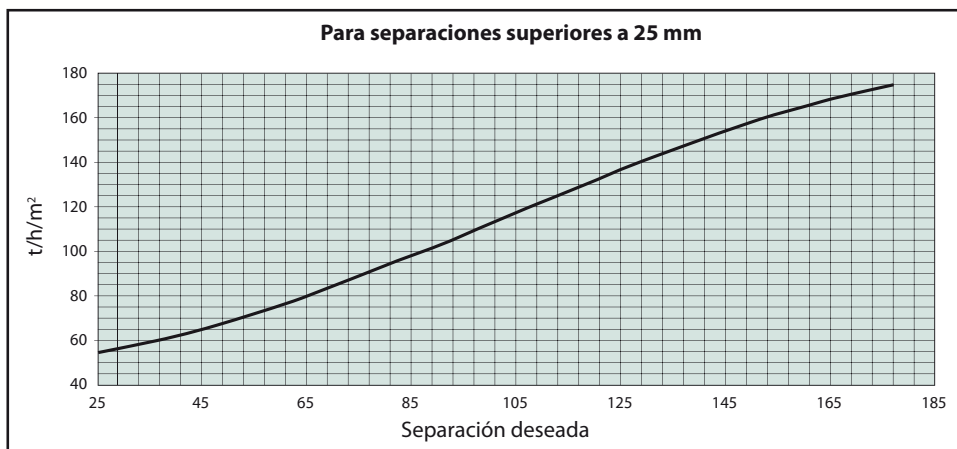
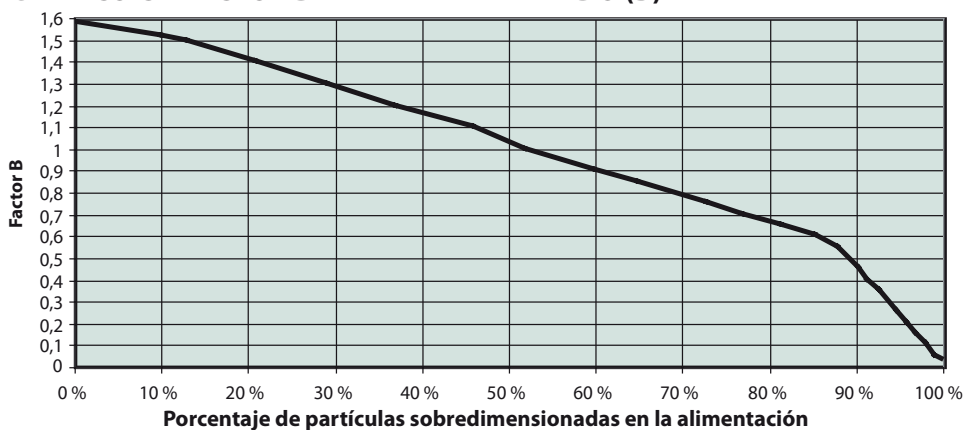
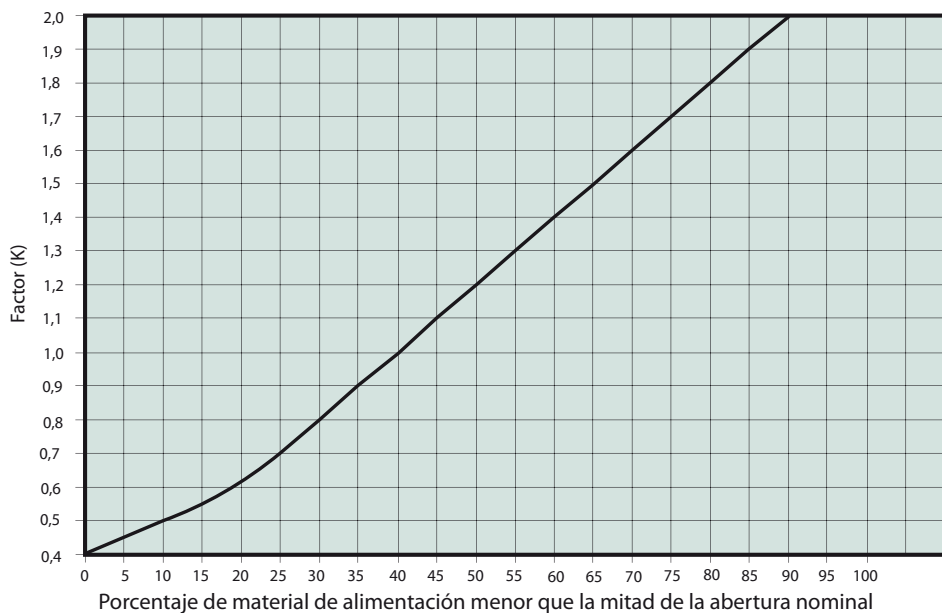
	Horizontal		Inclinado			Inclinación variable			
<b>Piso</b>	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	Inclinación variable	Inclinación triple	Inclinación doble	Inclinación doble
<b>Vibración</b>	Linear	Elíptica constante	Circular	Elíptica variable	Linear	Linear	Elíptica variable	Linear	Elíptica variable
<b>K</b>	0,9	1,1	1	1,1	1	1,3	1,4	1,1	1,3

**L** = humedad

Humedad [%]	- 3	3 – 5	6 – 8
<b>L</b>	1	0,85	0,7

## CAPACIDAD ESPECIFICA DE PRODUCCION DE CRIBADO (A)




**GRAFICO C – FACTOR DE MATERIAL RETENIDO (B)**

**GRAFICO D – FACTOR MITAD DE LA ABERTURA (C)**


**Nota:** En la metodología de cálculo presentada se asumió una eficiencia de clasificación del 90% y un grado de contaminación de producto del 5%.

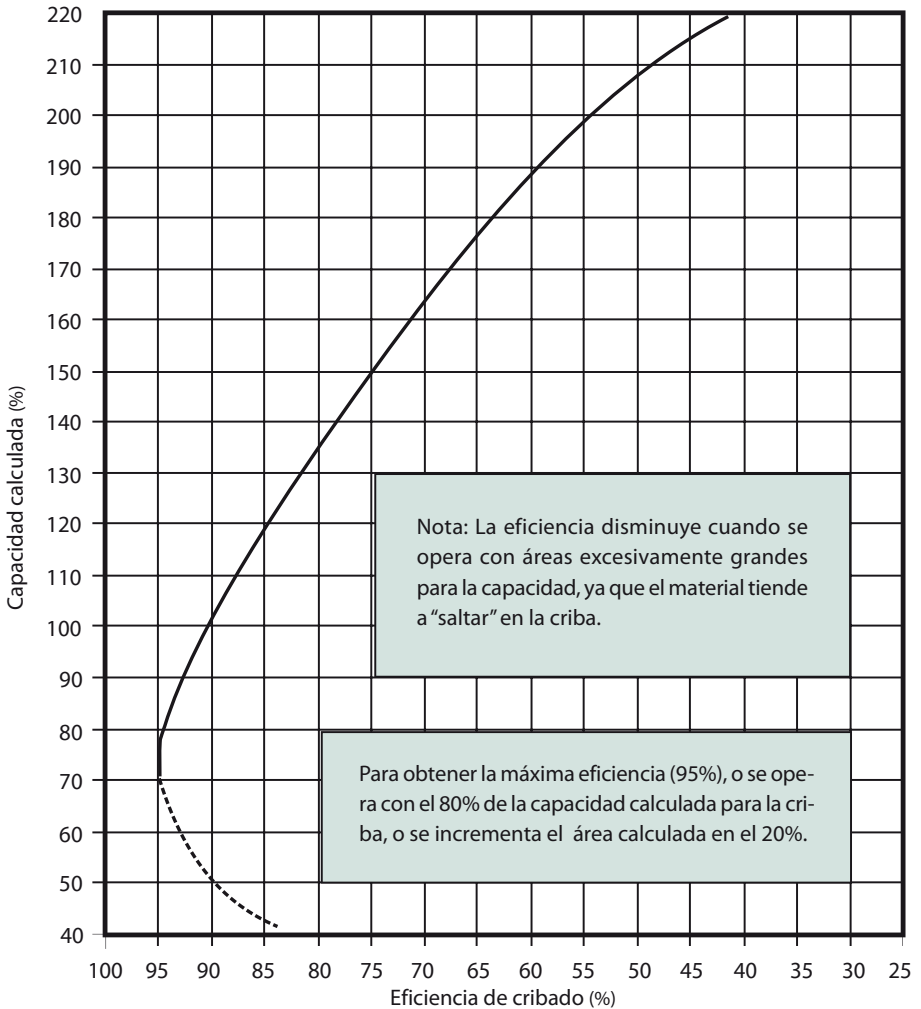
La interpretación de estos porcentajes es la siguiente:

El 90% del material pasante menor que el tamaño de separación pasó a través de la criba.

Puesto que la abertura de la malla de cribado es siempre más grande que el tamaño deseado del producto, el producto será siempre contaminado con el 5% de partículas más grandes.

Si la eficiencia deseada fuera diferente de estos valores asumidos, la capacidad de la criba podrá ser alterada en conformidad con las indicaciones en el gráfico a continuación.

### GRAFICO G – EFECTO DE LA CARGA SOBRE LA EFICIENCIA



Una vez calculada el área activa de la superficie de cribado, el paso siguiente será seleccionar el tamaño del equipo.

Dado que las dimensiones de las cribas de Metso están indicadas en pies (1 pie = 304 mm), para facilitar la selección, la tabla a continuación indica las áreas activas de los pisos de cada máquina.

Modelo	Area activa (m <sup>2</sup> )	Anchura (m)	Longitud (m)
4 x 10	3,24	1,2	3
4 x 12	3,9	1,2	3,6
5 x 12	5	1,5	3,6
5 x 14	5,83	1,5	4,2
6 x 16	8,2	1,8	4,9
7 x 20	11,9	2,15	6,1
8 x 16	11	2,45	4,9
8 x 20	13,8	2,45	6,1
8 x 24	16,5	2,45	7,3
10 x 20	17,4	3,05	6,1
10 x 24	21	3,05	7,3

*Para pies multiplique por 3,3*

*Para pies cuadrados multiplique por 10,7*

## DEFINICION DE LA ANCHURA MINIMA DE LA CRIBA

Un proceso de separación eficiente requiere el ajuste del área de cribado y del espesor de la capa de material transportado a la capacidad.

El cálculo anteriormente presentado define el área de cribado en m<sup>2</sup>, la cual se puede distribuir en varias formas rectangulares.

Por ejemplo, una criba de 10 m<sup>2</sup> puede estar formada por rectángulos de 2 x 5 o 2,5 x 4. Aparentemente, una máquina más larga debería proporcionar una mayor eficiencia, pero su rendimiento puede ser afectado por un espesor exagerado de la capa de material.

La formula genérica para la anchura de la criba es:

$$B = \frac{Q}{3.6 \cdot v \cdot d} + 0.15 \text{ (m)}$$

Q, para una anchura específica, el espesor de la capa en mm:

$$d = \frac{Q}{3.6 \cdot v \cdot (B - 0.15)} \text{ (mm)}$$

Donde:

**d** = espesor de la capa de material (mm)

**Q** = capacidad en m<sup>3</sup>/h (dividir la en t/h por la densidad aparente del material en t/m<sup>3</sup>)

**v** = velocidad del transporte de material (m/s)

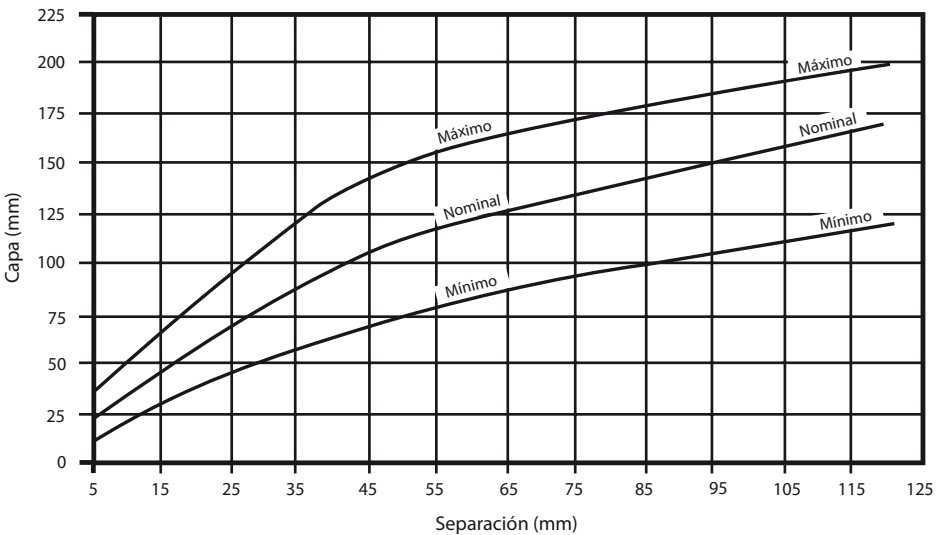
**B** = anchura nominal de la criba (m)

Se debe realizar el cálculo para todos los pisos, tanto en la extremidad inicial como en la final.

**VELOCIDAD DEL TRANSPORTE DE MATERIAL**

Tipo de criba	Velocidad en m/min
Criba horizontal, movimiento lineal	12 – 15
Criba inclinada 20 grados, movimiento circular (clasificación gruesa)	30 – 35
Criba inclinada 20 grados, movimiento circular (clasificación final)	25 – 30
Criba banana CBS de inclinación variable, movimiento circular	Inicial: 45; final: 25
Criba banana inclinación muy pronunciada	Inicial: 60; final: 20-30
Criba F – para finos, de alta frecuencia, movimiento lineal	9 – 10

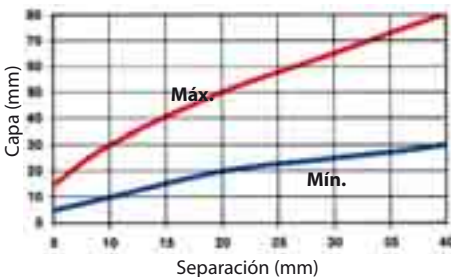
Para pies/min multiplique por 3,3

**ESPESOR DE CAPA DE ALIMENTACION RECOMENDADO EN EL PRIMER PISO**


Para pulgadas dividir por 25,4

Para asegurar la eficiencia de separación de la capa de material en la extremidad de descarga, uno de los pisos debe quedarse dentro de los siguientes límites:

Espesor de capa recomendado a la salida del piso



Si el valor es menor que el mínimo recomendado, debe reducirse la anchura de la criba, incluso excediendo el valor recomendado para la capa de alimentación. Si el valor es menor, debe incrementarse la anchura de la criba.

La regla presentada puede ser difícil de cumplir con pisos múltiples, ya que para mantener una carga de material mayor que el mínimo en todos los pisos no siempre es posible. Sin embargo, se recomienda que se cumpla la regla a lo menos en el piso más crítico.

**EJEMPLO DE SELECCION Y DIMENSIONAMIENTO DE LA CRIBA**

Se desea seleccionar una criba para las siguientes aplicaciones:

Datos:

- a) Alimentación = 380 t/h
- b) Características del material
  - Granulometría de la alimentación

<b>Malla (mm)</b>	100	25	13	10	5
<b>% pasante</b>	100	75	45	30	22

- Densidad: 2,7 t/m<sup>3</sup>
- Tamaño máximo de alimentación: 100 mm
- Contenido de humedad: 3%
- Forma de las partículas: lajosa
  
- c) Proceso de cribado en seco
- d) Sin limitaciones de espacio
- e) Productos deseados: mayores que 25 mm, entre 10 y 25 mm, y menores que 10 mm

**Selección de la criba**

75% de material pasante en el primer piso. El porcentaje de material que pasa a través del segundo piso (10 mm) está relacionada con la carga del piso y es de  $30/75 \times 100 = 40\%$ .

Puesto que el porcentaje pasante en ambos pisos es alto, se recomienda usar la criba MF de inclinación variable.

La forma lajosa del material lleva a seleccionar de una criba con malla de abertura cuadrada.

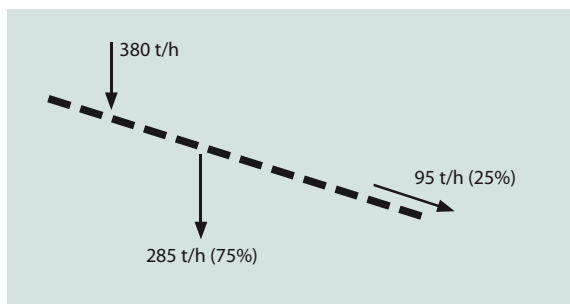
Se presume el uso de mallas de goma.

**Dimensionamiento**

Alimentación: 380 t/h

Primer piso: separación de 25 mm

Diagrama de flujo:



Para obtener una separación de 25 mm usando una malla de goma con abertura cuadrada, el tamaño de la abertura debe ser de 33 mm. El área abierta de la criba con malla de goma con aberturas de 33 mm es del 43%.



$$\text{Area} = \frac{Q_u \cdot S}{Q_{\text{spec}}}$$

$$Q_u = 380 \text{ t/h} \times 0,75 = 285 \text{ t/h}$$

$$S = 1$$

$$Q_{\text{spec}} = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times L \times I \times J \times K \times L \text{ (página 5-14)}$$

$$A = 53 \text{ (gráfico B para separación de 25 mm)}$$

$$B = 1,35 \text{ (gráfico C para el 25% de sobredimensionados)}$$

$$C = 1,1 \text{ (gráfico D para el 45% de material inferior a la mitad del tamaño de separación)}$$

$$D = 1 \text{ (primer piso)}$$

$$E = 1 \text{ (cribado en seco)}$$

$$F = 1 \text{ (2,7 t/m}^3\text{)}$$

$$G = \frac{43\%}{50\%} = 0,86$$

$$L = 1 \text{ (abertura cuadrada)}$$

$$I = 0,9 \text{ (lajosa)}$$

$$J = 1 \text{ (presumida eficiencia del 90\%)}$$

$$K = 1,3 \text{ (Criba MF)}$$

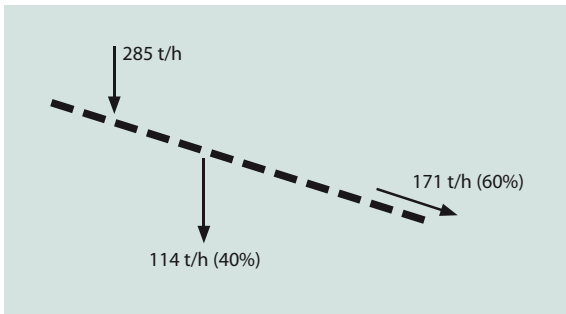
$$L = 1 \text{ (contenido de humedad del 3\%)}$$

$$\text{Area} = \frac{285 \cdot 1}{79,2} = 3,6 \text{ m}^2$$

Segundo piso: separación de 10 mm

El procedimiento es análogo a los cálculos precedentes, considerándose que la alimentación es el material pasante del piso superior.

Diagrama de flujo:



Para obtener una separación de 10 mm usando una malla de goma con abertura cuadrada, el tamaño de la abertura debe ser de 14,5 mm.

**Segundo piso**

$$Q_u = 114 \text{ t/h}$$

$$S = 1$$

$$A = 33$$

$$B = 0,9 \text{ (60\% de sobredimensionados)}$$

$$C = 0,79 \text{ (29\% de material inferior a la mitad del tamaño de separación)}$$

$$D = 0,9 \text{ (segundo piso)}$$

$$E = 1$$

$$F = 1$$

$$G = \frac{36\%}{50\%} = 0,72$$

$$H = 1 \text{ (abertura cuadrada)}$$

$$I = 0,9$$

$$J = 1,0$$

$$K = 1,3$$

$$L = 1$$

$$\text{Area} = \frac{114 \cdot 1}{17,8} = 6,40 \text{ m}^2$$

La criba MF 1800 x 6100 DD con área activa de 11 m<sup>2</sup>, cumple los requisitos de capacidad.

El paso siguiente será verificar el espesor de la capa de material, así como la descarga de ambos pisos.

La formula genérica para el espesor de la capa es:

$$d = \frac{Q_{\text{descarga}} \cdot 1000}{\rho_s \cdot B \cdot v \cdot 3600} = (\text{mm})$$

Donde:

$Q_{\text{descarga}}$  = capacidad transportada (t/h)

$v$  = velocidad de traslado del material (m/s)

$B$  = anchura de la criba (m)

$\rho_s$  = densidad aparente del material (t/m<sup>3</sup>)

Los datos y resultados de los cálculos para este caso se presentan en la tabla a continuación, la cual también incluye las velocidades de transporte.

Piso	Capacidad (t/h)	Velocidad de transporte (m/s)	Capa calculada (mm)	Capa máx. recomendada 4 x tamaño de separación
1 piso - descarga	95	0,6	15	100
2 piso - descarga	171	0,6	26	40

Los valores determinados cumplen los requisitos, confirmando la selección el tamaño de la criba.

**GUIA PARA SELECCION DE CRIBA, EN FUNCION DE LA APLICACION**

Servicio	Tamaño máximo de alimentación Mm (plg)	Separación mm (plg)	Tipo de criba aplicable	Rango de capacidad m <sup>3</sup> /h
Preclasificación	1.200 (48")	100-250 (4"-10")	Parrillas	150-3.000
Clasificación gruesa intermedia	400 (16")	100-200 (4"-8")	Cribas primarias	300-1.500
Clasificación media	250 (10")	50-100 (2"-4")	Cribas inclinadas y banana	100-800
Clasificación fina	200 (8")	2-50 (1/12"-2")	Cribas inclinadas, banana y horizontales	50-400
Clasificación extrafina	25 (1")	0,2-6 (N60-1/4)	Cribas de alta frecuencia	10-40
Desagüe	13 (1/2")	0,5 mm	Cribas de inclinación ascendente con movimiento lineal	100-250

En la mayor parte de los casos, cuando no haya limitaciones de espacio, el uso de cribas inclinadas con movimiento circular es económicamente más ventajoso.

Las llamadas cribas banana con inclinación variable se usan siempre que hay un gran porcentaje de material pasante (más del 40%), proporcionando capacidades hasta el 70% mayores que las cribas de inclinación simple.

El uso de movimiento lineal permite el transporte horizontal del material, reduciendo la altura de la instalación. Este movimiento es especialmente indicado para clasificación fina o extrafina, así como para desagüe.

Las cribas modulares no representan cualquier otro tipo diferenciado de proceso de clasificación, sino una solución mecánica económica y segura para la construcción de equipos de gran dimensión de modelo inclinado, banana o horizontal.

Especificación de la máquina		Instalación		Mantenimiento		Rendimiento		Aplicación			
Diseño del piso	Movimiento	Altura reducida, fácil de instalar	Cargas dinámicas bajas	Espacio para cambiar el panel de cribado	Maquinaria sencilla	Capacidad	Eficiencia auto-limpiadora	Cribado primario	Cribado secundario	Cribado del producto final	Cribado en húmedo
Inclinado	Circular	++	++	++	+++	++	+++	+++	+++	++	++
Horizontal	Lineal	+++	+	+	++	+	+	+	++	++	++
Horizontal	Elíptico	+++	+	+	+	++	++	+	+++	+++	+++
Banana	Lineal	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	+	no

## EXCELENCIA DEL PROCESO DE SEPARACION

### Excelencia – una nueva medida de eficiencia

Generalmente se asocia el concepto de eficiencia a la idea de rendimiento máximo, proximidad a la perfección y al logro de límites, entre otros factores. La eficiencia suele ser un factor comparado con un ideal y no necesariamente un valor alcanzable.

A lo que a la operación de clasificación por cribado se refiere, el concepto de eficiencia se vuelve algo vago e incluso difícil de definir. La meta ideal o el desempeño perfecto son difíciles de establecer y cuantificar.

Cuando se quiera separar material a granel teóricamente compuesto por partículas distribuidas de forma continua (conteniendo partículas de todas las dimensiones posibles dentro de un determinado rango), el primer problema es determinar la posición del divisor, o sea el valor nominal del corte.

Como ejemplo ilustrativo podemos tomar la fabricación de un componente conteniendo piezas mecanizadas, lo que es una situación bastante común en nuestro sector de negocios. Las dimensiones de mecanizado son normalmente indicadas por una medida nominal y un margen de tolerancia. Como la palabra “tolerancia” indica, aceptamos variación dentro de ciertos límites, ya que es imposible obtener el valor nominal con desviación cero. Cuando fabricamos una pieza cuyas dimensiones nominales y tolerancias son conocidas, al final del proceso podemos realizar las mediciones y decidir si las especificaciones han sido o no cumplidas. Si intentamos proceder de otra forma, como por ejemplo intentar producir un plano a partir de dimensiones medidas de una pieza acabada, se nos plantean muchas dificultades para determinar el valor nominal y las tolerancias aceptables para esas mediciones.

Cuando se analiza el resultado de una operación de cribado – y en este ejemplo limitamos la operación a un piso o una criba – verificamos que el material pasante presenta una distribución granulométrica específica que tiene un tamaño mínimo igual que el del material de alimentación y un valor máximo cerca (pero no igual) del tamaño de la abertura de malla de la criba. Igualmente, el material retenido presenta una distribución granulométrica con un tamaño máximo igual que el de la alimentación y un tamaño mínimo inferior al de la abertura de malla.

Normalmente, cuando queremos separar ma-

terial en dos fracciones adoptamos una criba con abertura de malla igual o cerca del tamaño deseado del producto. Las cuestiones que se nos plantean son: ¿Hemos obtenido la separación deseada? ¿Cómo podemos verificar? ¿Cómo podemos evaluar el desempeño? ¿Si cambiamos el tipo de criba o la abertura, cómo debemos comparar los resultados?

Es razonable afirmar que conocemos siempre el tamaño de la abertura de la malla utilizada en la operación de cribado donde se sacan las muestras que analizamos. Sin embargo, supongamos que esa información no está disponible. En ese caso podemos preguntar: ¿Cuál es valor efectivo de clasificación para este material particular? ¿Cuál es el valor de corte para esta criba?

La propuesta de Metso Minerals para estas cuestiones es la adopción de un nuevo parámetro, llamado EXCELENCIA.

Introducimos esta nueva definición para promover una evaluación de la eficiencia de separación más objetiva que las tradicionales mediciones de sobredimensionados y subdimensionados.

El proceso de separación ideal debería dividir el material de alimentación en dos fracciones de tamaño diferente como se ilustra en el Gráfico I.

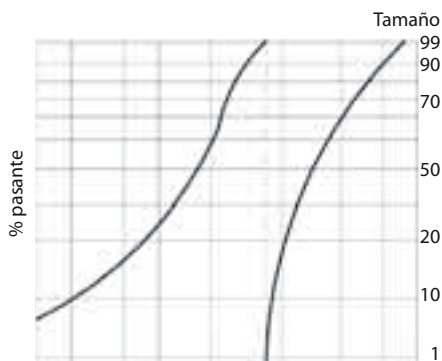


Gráfico I

Sin embargo, en la práctica, algunas cantidades de partículas del mismo rango de tamaño aparecen simultáneamente en el material retenido y en el pasante, produciendo una superposición de las curvas.

Como ya ha sido mencionado, dentro de las definiciones clásicas, tanto el tamaño de separación como la eficiencia pueden tener varias interpretaciones.

En el Gráfico II, donde se presenta la distribución granulométrica real del material pasante y retenido, se puede decir que la clasificación se hace a 8 mm, con el 80 % de eficiencia en relación con el subdimensionado (80% pasante < 8 mm) y 100% eficiencia en relación con el sobredimensionado (100% del material retenido > 8 mm).

También se puede decir que la separación se hace a 12 mm con el 100% de eficiencia en relación con subdimensionado y el 75% en relación con sobredimensionado.

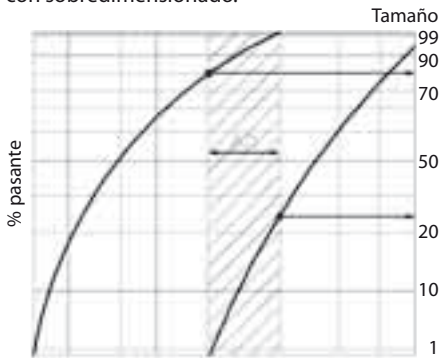


Gráfico II

Dependiendo de la elección, podemos definir cualquier tamaño entre 8 y 12 mm como punto de corte con la correspondiente eficiencia de clasificación, pero será siempre una evaluación subjetiva.

Lo que realmente describe la calidad de la separación es la superposición entre las curvas del material pasante y retenido. Si no hay superposición se logra la excelencia ideal.

La formula que se propone para medir la excelencia es la siguiente:

$$E = 1 - x [1 - \Delta D / (D + d)]$$



Donde:

D = dimensión correspondiente al 99% de material pasante (99% subdimensionado es < D)

d = dimensión correspondiente al 99% de material retenido (99% subdimensionado es > d)

$\Delta = (D - d)$  la extensión de la zona de superposición

Un proceso de separación eficiente debe mantener la excelencia a niveles del 80 - 90%.

La utilización de mallas espesas de goma y poliuretano con aberturas cuadradas u oblongas implica valores de excelencia inferiores a los que se obtienen con mallas de alambre de acero.

Algunas de las características o propiedades de la excelencia son:

- Se puede expresar la excelencia como % y tiene un significado similar a la eficiencia.

- Cuanto menor la diferencia entre d y D mayor será la eficiencia, significando que la separación fue más exacta o menos dispersa.

- Si se cambian algunas condiciones de una planta de cribado, tales como el tipo de malla (placa perforada, alambre de acero, goma, poliuretano, etc.) o el tipo de abertura (redonda, cuadrada, rectangular, etc.), el nuevo valor de excelencia permite evaluar si se ha logrado alguna mejora en comparación con los resultados anteriores.

- El valor de separación promedio  $(d + D)/2$  es indicativo del tamaño efectivo de separación o de corte.

- A la medida que la diferencia  $\Delta D$  aumenta, más el valor de separación promedio (tamaño de separación) se desvía del tamaño de la abertura de la malla, incrementando el contenido de sobredimensionado en el pasante y de subdimensionado en el retenido, lo que significa una mayor contaminación en las dos fracciones.



**CRIBAS Y PARRILLAS**


*Cribas Low Head DD 12" x 24", con tres mecanismos de caja en la descarga de un molino SAG.*

Los equipos vibrantes de Metso Minerals están disponibles en una gran variedad de tipos y tamaños, desde parrillas de servicio extra pesado para procesar materiales de grandes dimensiones hasta cribas especialmente diseñadas para clasificación de finos.

Metso ofrece siempre la opción adecuada para cada aplicación, hecho que resulta muy bien comprobado por los miles de unidades vendidas y en operación en el mundo entero.

**SOLDADURA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN PLANTILLAS**


Los recursos de fabricación de productos de Metso son muy avanzados.

El uso de plantillas de soldadura permite lograr una alta exactitud dimensional, garantizando la calidad de las estructuras fabricadas. Las vigas de la caja, por ejemplo, se ligan inicialmente mediante soldadura por puntos en una mesa con plantillas y se las sueldan automáticamente.

Se pueden reemplazar todos los elementos principales, ya que los agujeros o remaches están plantillados, facilitando el mantenimiento.



**MECANIZADO DE CONTROL NUMERICO**


Se realiza el mecanizado de precisión usando máquinas de control numérico por computador (CNC), para garantizar dimensiones exactas.

**HUCKBOLT**

La mejor solución para unir piezas sujetas a vibración.

Quizá el mayor desarrollo estructural en la construcción de cribas.

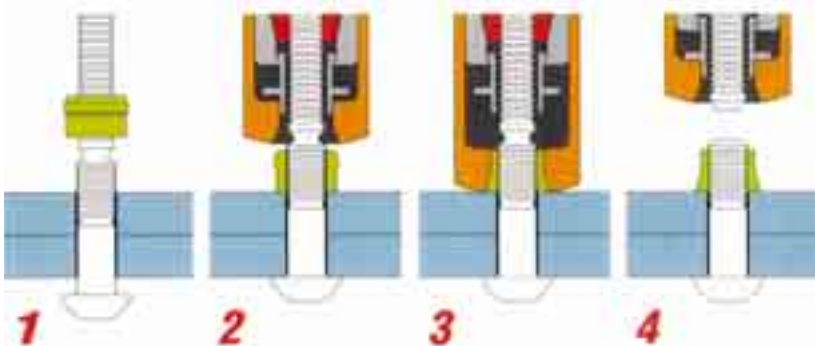
Es un remache tipo perno/collarín pretensado para valores exactos. El collarín queda remachado al perno cuando la extremidad es tensada hidráulicamente.

Este método asegura un excelente pretensado. Los remaches huckbolt nunca se aflojan.

El ajuste es muy rápido, y la remoción se hace con una herramienta especial o por corte.

También se pueden usar pernos normales en el caso de que faltan las herramientas especiales.

Este proceso ha sido desarrollado para la industria aeronáutica, pero hoy día se usa en otras industrias, tales como la industria automóvil, ferroviaria y de minería.



**BANCO DE PRUEBAS UNIVERSAL PARA CRIBAS**

Se prueban todos los equipos y las pruebas incluyen entre otros, los siguientes puntos:

- Calentamiento de los rodamientos
- Regularidad de la vibración en las extremidades de la criba
- Amplitud de puesta en marcha y parada
- Frecuencias naturales estructurales

**PRUEBA DE VIBRACION CRITICA CON DISPOSITIVO DE MEDICION DE FRECUENCIA Y MAPEO DINAMICO CON MOTOVIBRADOR**



## APARATO MEDIDOR DE ESFUERZOS PARA ANALISIS DE TENSION

Las rupturas estructurales (grietas) son bastante comunes en equipos vibratorios.

El primer diagnóstico indicó el subdimensionamiento como causa de la falla.

Un análisis más profundo reveló que la mayor parte de los colapsos se debía a un cierto tipo de vibración natural del elemento coincidiendo con la frecuencia de la vibración del equipo. Es extremadamente importante que ninguna de estas frecuencias de resonancia coincida con la rotación propia de la máquina.

Metso Minerals tiene los más modernos recursos para detección de frecuencia de vibración.

Un analizador conectado a un sensor y fijado en la máquina detecta las frecuencias de vibración natural del conjunto de la criba o de componentes individuales.

El medidor de esfuerzos permite medir tensiones en los elementos estructurales durante la operación.

Se recomienda la utilización de esta técnica tanto en el desarrollo de un proyecto nuevo como en la localización y resolución de problemas.

El medidor de esfuerzos está conectado al analizador de esfuerzos, lo que permite la determinación exacta de los límites de fatiga.



## MALLAS DE CRIBADO SINTÉTICAS TRELLEX

### Soluciones modulares de cribado Trellex

El sistema modular de mallas de cribado Trellex ha sido desarrollado y suplementado para se adecuar a prácticamente a todas las cribas, permitiendo el montaje longitudinal y transversal de los paneles.

### Función escalonada impar. ¡Más eficiente!

Las soluciones modulares de cribado Trellex incluyen un sistema escalonado que ofrece una producción mayor y más eficiente.

Las mallas del sistema modular de cribado Trellex están disponibles en goma y poliuretano para optimizar la resistencia al desgaste y el rendimiento. Las soluciones modulares de cribado Trellex incluyen los siguientes productos:

### Trellex 300 LS

Sistema para sujeción longitudinal cuando la distancia entre las vigas del piso de cribado es de 300 mm. Las longitudes típicas de los módulos son de 500 mm o 610 mm (2') para instalación plana o escalonada. Están disponibles bandas de actualización para ajuste directo a bastidores de soporte adaptados a otras soluciones.

### Trellex 305 LS

Sistema para sujeción longitudinal cuando la distancia entre las vigas del piso de cribado es de 305 mm (1'). El modulo típico de 610 mm (2') de longitud para instalación plana o escalonada. Están disponibles bandas de actualización para ajuste directo a bastidores de soporte adaptados a otras soluciones, tales como barras angulares y perfiles de barras longitudinales.

### Trellex 300 TS

También conocida como Trelstep/Stepflex. Malla diseñada para montaje transversal mediante presión (snap-on) y configuración escalonada. Dimensiones del módulo 300 x 600 mm.



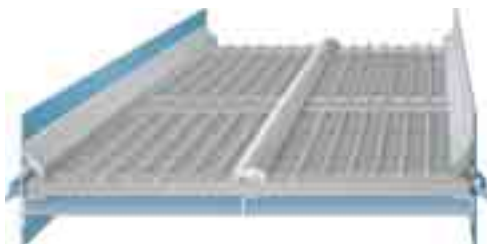
*Las mallas Trellex 300/305 LS son compatibles con la mayoría de los bastidores de soporte disponibles en el mercado. Con las bandas de actualización, los pisos de cribado pueden ser montados con una configuración escalonada o plana.*



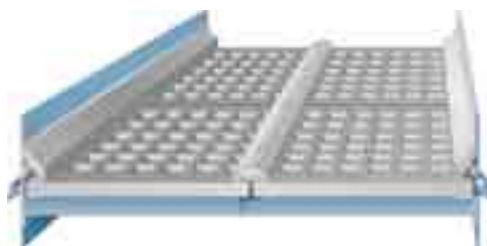
*Las mallas Trellex 300 TS están disponibles en goma, poliuretano o alambre de acero.*

**Sistema de paneles de goma Trellex**
**Trellex Panelcord**

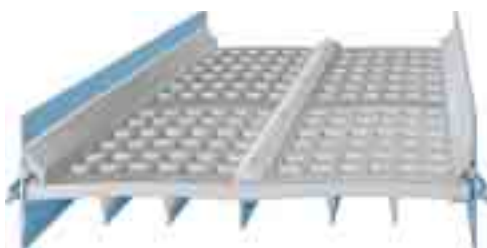
Es una malla utilizada principalmente en operaciones de cribado grueso. Cada panel incorpora un refuerzo integral vulcanizado de acero y cuerda. Hay una amplia gama de aberturas moldeadas. La forma de la abertura está diseñada para minimizar el riesgo de obturación y maximizar el rendimiento. Los paneles más gruesos llevan también barras de guía en la superficie superior, para alargar su vida útil en aplicaciones de material grueso.


*Trellex Panelcord*
**Trellex T-Flex SS**

Es una malla para criba autoportante (similar a Panelcord) con refuerzos de acero para servicio pesado, principalmente para cribado grueso. Se fabrica en un rango de espesores estándar, con prácticamente cualquier tamaño y tipo de abertura. Puesto que los paneles autoportantes no necesitan soportes longitudinales, se puede utilizar toda la superficie de cribado. Se pueden usar los mismos dispositivos de sujeción - sujeción central y sujeción lateral - en los paneles Trelflex y Panelcord.


*Trellex T-Flex SS*
**Trellex T-Flex US**

Utilizado para el cribado grueso e intermedio, pero también se puede usar para separaciones de tan sólo 15 mm. Por eso, es una malla muy versátil y útil diseñada para cribas con bastidores de soporte y tensado lateral. Los paneles se mantienen en su lugar con los mismos dispositivos de sujeción usados para Panelcord y TFlex SS sin tensado.


*Trellex T-Flex US*

Está disponible en un amplio rango de espesores y una amplia gama de tamaños y tipos de abertura. Con su amplia gama de aplicaciones es un favorito en la industria de áridos.

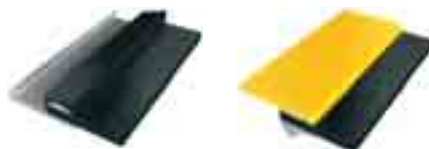
**Paneles de goma tensados Trellex para material fino e intermedio**
**Trellex T-Cord**

Los paneles de goma Trellex T-Cord incorporan ganchos tensores fáciles de manejar y se instalan como las mallas de alambre de acero con tensado longitudinal o transversal. Los paneles Trellex T-Cord han sido diseñados principalmente para separaciones de 4 a 100 mm. Ofrecen una larga vida útil gracias a los refuerzos de cuerda pretensados y a la goma Trellex T60.

Para anchuras de criba de más de 1.200 mm, se deben usar sujetadores centrales. Estas mallas de goma se usan normalmente en espesores de 5 a 35 mm. Los paneles Trellex T-Cord se entregan siempre con los ganchos de tensado requeridos.

**Ventajas**

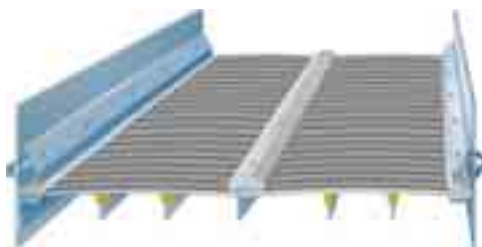
- Hechos a la medida con ganchos tensores adaptados a su criba.
- Una amplia gama de espesores para tratar tamaños de alimentación de hasta 250 mm.
- Menos tiempo de parada, reduciendo los costes de mantenimiento.
- Adecuados para aplicaciones en canteras, graveras, minas y plantas metalúrgicas.
- Fabricados en goma Trellex T60 resistente al desgaste y diseñados para aplicaciones en la industria de procesamiento de minerales.
- Amplia disponibilidad de accesorios, tales como sujetadores centrales de goma y goma acanalada para barra de soporte


*Trellex Trellecord*

*Trellex ofrece varios tipos de ganchos para tensado lateral y longitudinal.*

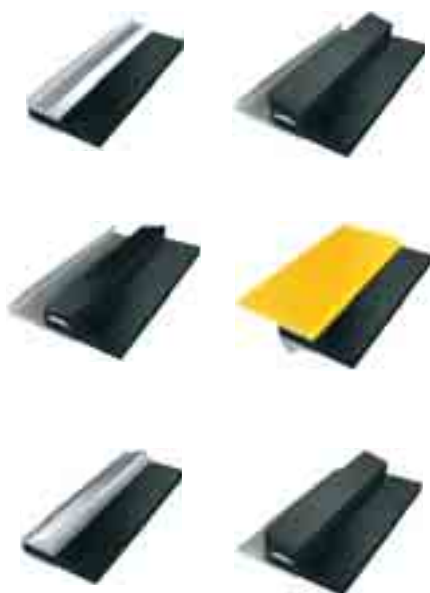
*Elemento Trellex NH (sujeción central) para mallas de criba con anchura superior a 1.200 mm (4').*

**Mallas de cribado autolimpiadoras para materiales finos y pegajosos**

Un sistema completo, especialmente diseñado para el cribado fino de materiales que suelen obturar las mallas convencionales de acero. El secreto de las mallas Superflex es tela de goma delgada y flexible tipo membrana, soportada y reforzada por perfiles de goma, que proporciona una alta precisión de separación. La membrana altamente flexible contrarresta la obturación.


*Trellex Superflex*
**Trellex Superflex**

La mejor solución para problemas de atascado. Disponible en varios espesores con aberturas moldeadas o perforadas. Las mallas Superflex se instalan en cribas con soporte longitudinal y se pueden instalar con tensado longitudinal o transversal. Las mallas llevan ganchos tensores de peso ligero, que pueden instalarse directamente en la criba. La instalación de las mallas Superflex no requiere modificaciones en el piso.



Cribado

**Concepto de paquete total**

Las mallas Superflex se suministran en la forma de un sistema completo, incluyendo el panel de goma, ganchos tensores, molduras de sujeción especiales y sujetadores centrales (cuando necesario).

**Nueva moldura de sujeción que potencia las prestaciones y prolonga la duración**

El desempeño de las mallas Superflex se ha mejorado con la aplicación de nuevas molduras de poliuretano. Las molduras mantienen la malla en su sitio y eliminan los movimientos indeseados que podrían desgastar la malla, resultando en un impresionante incremento de la vida útil de la malla. Puesto que la moldura levanta el panel de los soportes, no se necesitan zonas sin perforaciones sobre los soportes, resultando en una mayor área abierta en el piso de la criba.

Las mallas Trellex Superflex maximizan la estratificación.

Las mallas Trellex Superflex en goma flexible impiden la obstrucción de las aberturas.

*Trellex ofrece varios tipos de ganchos para tensado lateral y longitudinal.*



*Elemento Trellex NH (sujeción central) para mallas de criba con anchura superior a 1.200 mm (4').*

### **Paneles Trellex de poliuretano**

Los paneles Trellex T-Flex PU y Trellex T-Cord PU son de poliuretano muy resistente al desgaste y están disponibles en varios tipos y rangos de dureza para distintas aplicaciones, todos con refuerzos de acero hechos a medida.

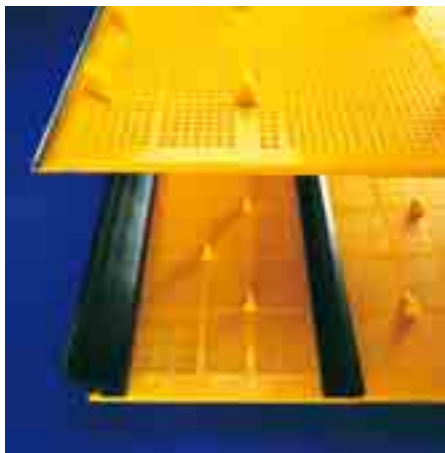
Se encajan en todas las cribas vibrantes de la misma manera que los paneles de goma convencionales y no es necesario modificar el bastidor de soporte. Se puede adaptar la configuración de cada panel a las necesidades del cliente. Las aberturas son oblongas o cuadradas. Las aberturas con moldeado de precisión aseguran el cribado con un tamaño consistente y se usan principalmente para el cribado mediano o fino. Nuestra amplia experiencia y la capacidad de proporcionar una gran variedad de compuestos de poliuretano de calidad superior nos permite recomendarle el producto ideal para su aplicación de cribado.

#### **Trellex T-Cord PU**

Los paneles Trellex T-Cord PU están tensados exactamente igual que una malla de alambre de acero, puesto que están reforzados con cables de acero y su elongación es prácticamente cero. Una amplia gama de ganchos laterales estándar está disponible para satisfacer sus requisitos.

#### **Trellex T-Flex PU**

Los paneles Trellex T-Flex PU pueden fijarse de diversas maneras con sujetadores especiales laterales, sistemas de cuñas o atornillados al bastidor de soporte. Los paneles Trellex T-Flex PU han logrado un éxito especial en el área de aplicación de cribas giratorias (trómel).



*Paneles Trellex T-Cord PU y Trellex T-Flex PU.*

#### **Ventajas**

- Vida útil alargada
- Reducción del ruido
- Buenas características autolimpiadoras
- Tamaño exacto del producto
- Encaja en todas las cribas sin necesidad de modificación



### Control de polvo Trellex

Las emisiones de polvo en el ambiente representan un riesgo para la salud. El polvo acelera el desgaste de la maquinaria y los equipos, produce corrosión y dificulta las tareas y prolonga el tiempo necesario para mantenimiento y reparaciones.

Metso Minerals suministra soluciones estandarizadas para el control de polvo en cribas, alimentadores, conductos y otros equipos. Gracias a su elasticidad la goma Trellex es muy resistente a vibraciones y permite sellar virtualmente todo tipo de equipos.

La combinación de goma Trellex para sellos de polvo con perfiles de metal estandarizados, STMs, permite la construcción de un sistema de sellado eficiente con tapas de inspección fáciles de abrir y con larga vida útil.

### Características únicas

El sistema de sellado Trellex para supresión de polvo proporciona un encapsulado prácticamente total, siendo lo más cerca que podrá llegar a una operación 100% hermética.

Con componentes simples y estandarizados, el sistema de sellado de polvo Trellex puede ser hecho a medida de manera a adaptarse perfectamente a sus equipos con una tasa de coste/beneficio óptima, permitiendo sellar un conjunto de máquinas tales como cribas, trituradoras, etc.

Además, el sistema de sellado Trellex ofrece una ventaja adicional - una sustancial reducción de ruido.

**Solución simple y económica**

Hace varias décadas que Metso Minerals empezó el suministro de sistemas de sellado que mejoran drásticamente el control de polvo. Los sistemas se basan principalmente en tres componentes:

- Tela y lona de sellado Trellex
- Buletes sujetadores de goma
- Perfiles de acero STM

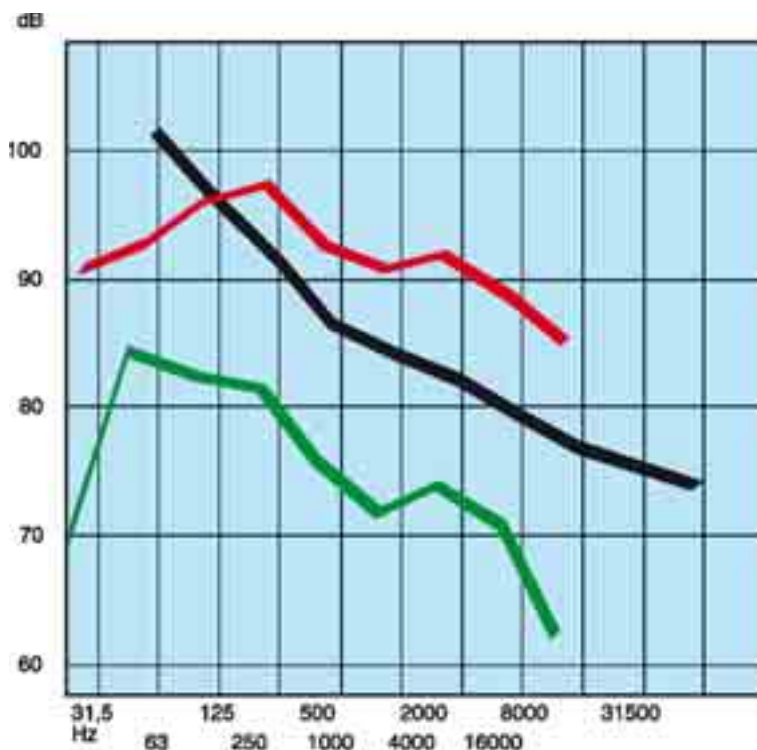
Los dibujos a continuación muestran como se puede encapsular totalmente una criba con un sistema de sellado Trellex, evitando eficientemente la salida del polvo salga al ambiente y su entrada en el mecanismo de accionamiento y el motor.

Cuando sea necesario cambiar los elementos de cribado se pueden quitar fácilmente las tapas de inspección de construcción ligera y la parte superior del bastidor.

En principio, los sellos están montados alrededor del espacio donde se produce el polvo. Se usan los perfiles de acero STM para simplificar la instalación de los burletes sujetadores de goma. La tela de goma o la lona se sujeta mediante los burletes para formar el encapsulado.

**No es necesario aspirar el polvo**

En una cantera (capacidad de 600 t/h) con alto contenido de sílice en la roca, se ha reducido la necesidad de extracción de aire de 530.000 m<sup>3</sup>/h a 35.000 m<sup>3</sup>/h, el contenido de polvo de 25 mg/m<sup>3</sup> a 0,5 mg/m<sup>3</sup> y el nivel de ruido de 95 dB a 76 dB, gracias al uso de los sellos de polvo, mallas de cribado y forros de conductos Trellex.

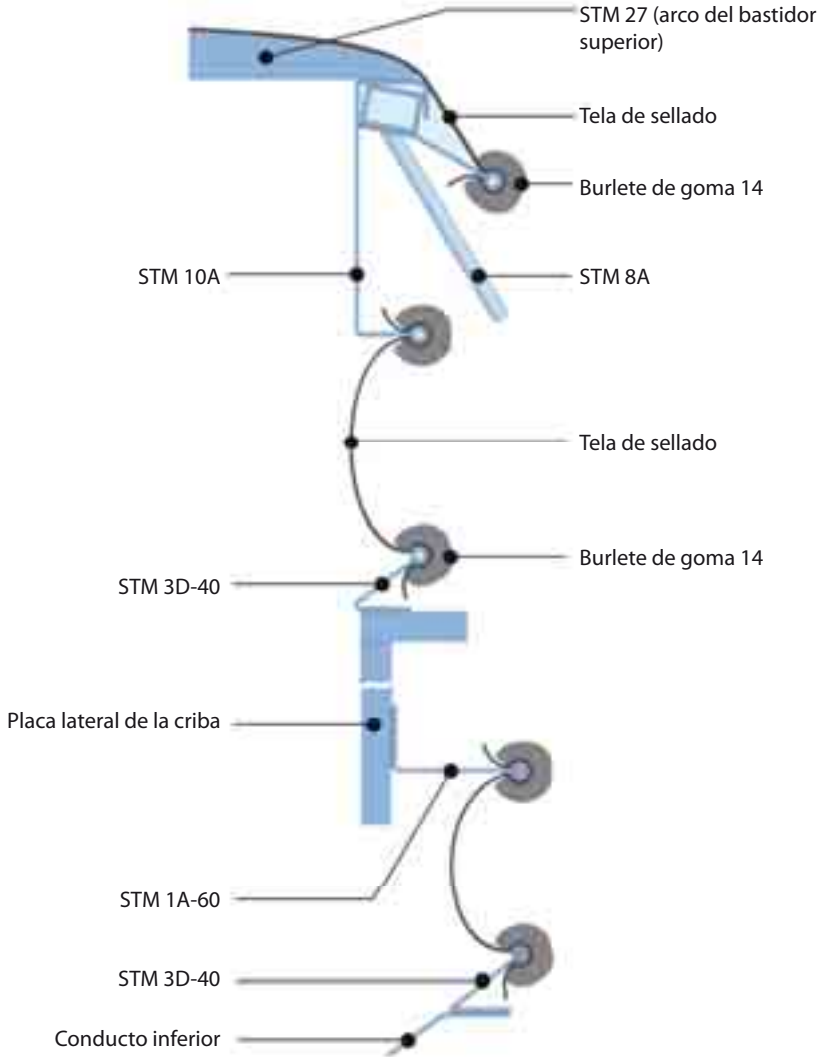
**Reducción considerable del ruido**


**Verde** = niveles de ruido con sistema de sellado y elementos sintéticos de cribado Trellex

**Rojo** = Sin sellos de polvo y con malla de alambre acero

**Negro** = Niveles permitidos de ruido





*Sección (típica) de una criba sellada*



*Control de polvo Trellex – Ejemplo de la construcción de una cubierta superior con arcos.*



*Hay varias maneras de instalar un sistema de control de polvo. Dependiendo de las condiciones, se pueden adaptar fácilmente los perfiles a todos los tipos de criba. Arriba se muestra la llamada "solución francesa".*

**PROCESO DE LAVADO**

La necesidad cada vez mayor de obtener un producto limpio en la producción de áridos para la construcción civil, y el uso intensivo de proceso en húmedo en minería justifica la gran importancia de los equipos y procesos de lavado en las plantas de lavado y clasificación.

Las finalidades del lavado son:

- Eliminación de materiales indeseados: arcilla, piedra blanda, raíces, etc.
- Clasificación
- Desagüe o agotado

El lavado consiste normalmente de los siguientes procesos:

- Material grueso – lavado directo en criba vibratoria-, cuando el contenido de arcilla es muy alto o su plasticidad muy elevada.
- Materiales muy difíciles de desagregar – pueden tratarse en lavadores de piedras antes del cribado
- Materiales finos – en tornillos lavadores

**LAVADO EN LA CRIBA**

El lavado en criba se usa para quitar materiales indeseables, principalmente arcilla y partículas extremadamente finas. También se usa para clasificar finos y/o productos húmedos difíciles de cribar sin lavado.

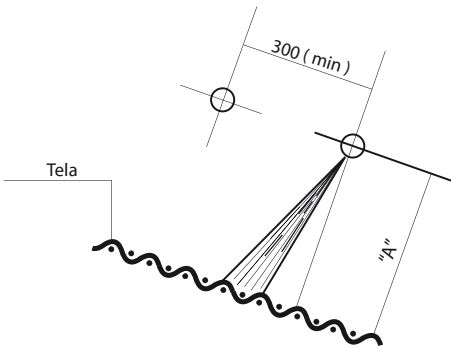
El lavado consiste en la aplicación de chorros de agua a través de boquillas de pulverización de manera a formar una cortina de agua bajo presión dirigida al material en la criba a fin de quitar las impurezas pegadas al material.

Se instalan las boquillas en tubos metálicos posicionados transversalmente al flujo del material.

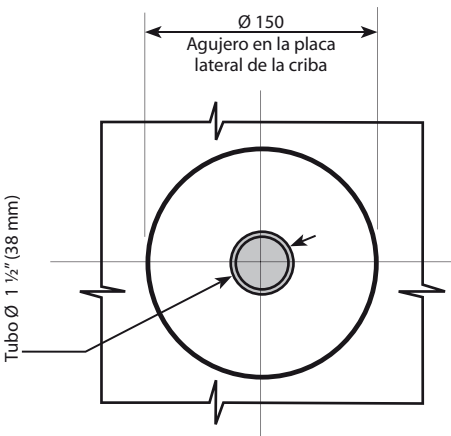
Para recuperar los finos (menos de 3/8') se pueden usar cribas de desagüe, tornillos lavadores, clasificadores espirales, separadores centrífugos, filtros, decantadores, espesadores, etc.

**Datos para lavado en la criba**

- Presión del agua en la boquilla 1- 3 atm.
- Volumen de agua: 1 – 3 veces el volumen del material cribado, siendo a) 0,5 – 1,5 veces para material relativamente limpio y b) 1 – 3 veces para material con arcilla o partículas muy finas.
- Disposición de tuberías en la criba: los tubos deben estar distribuidos en cantidades iguales para cada piso y posicionados de manera que el primer tubo de un piso debe quedarse después del último tubo del piso anterior. El posicionamiento de los tubos debe seguir la disposición típica ilustrada en la figura:
- Con relación a la malla de cribado los tubos deben estar posicionados como sigue:



' A ' recomendado para tubos = 350 mm  
' A ' mínimo = 200 mm


**DESCRIPCION DEL SISTEMA DE LAVADO**

El sistema de lavado consiste en un conjunto de tubos metálicos con diámetro mínimo de 1 ½" sellados en una de las extremidades, con boquillas de pulverización especiales montadas a cada 300 mm en promedio, para crear una cortina continua de agua. Cada tubo debe estar conectado a una manguera flexible y a un tubo aductor común a través de una válvula individual para cada tubo.

El caudal de la tubería dependerá del tipo y cantidad de boquillas de pulverización instaladas en cada tubo.

Las boquillas Trellespray de Trellex están disponibles en cuatro tamaños. Las diferencias consisten en el diámetro del agujero y la presión aplicada – y como consecuencia, el caudal unitario en litros por minuto. Véase el gráfico en la página 6-5.

**BOQUILLAS**

Las boquillas de pulverización Trellespray de Trellex ofrecen un buen desempeño con alta y baja presión de agua en el rango de 0,3 a 3,0 bar (4 – 40 PSI). La boquilla produce chorro bien definido en forma de abanico que proporciona un lavado eficiente del material. También son una solución ideal para aplicaciones de control de polvo.



Fabricadas en poliuretano las boquillas son económicas y resistentes a la abrasión y corrosión. Están disponibles en cuatro tamaños de agujero identificados por un esquema de colores: verde = 5 mm, azul = 7 mm, amarillo = 9 mm y rojo = 11 mm. Debido a su forma, son conocidos como pico de pato.



La medida de rosca estándar para fijar las boquillas Tell Spray es de 19 mm (3/4") ESP.

Anchura del chorro									
Distancia vertical entre la boquilla y la malla de cribado (mm)	Ø del agujero de la boquilla	5 mm		7 mm		9 mm		11 mm	
	bar	1,5	2,5	1,5	2,5	1,5	2,5	1,5	2,5
200	mm	600	700	600	800	600	800	600	800
300		750	850	800	1.000	600	800	600	800
400		900	1.000	1.000	1.200	1.000	1.200	1.000	1.200

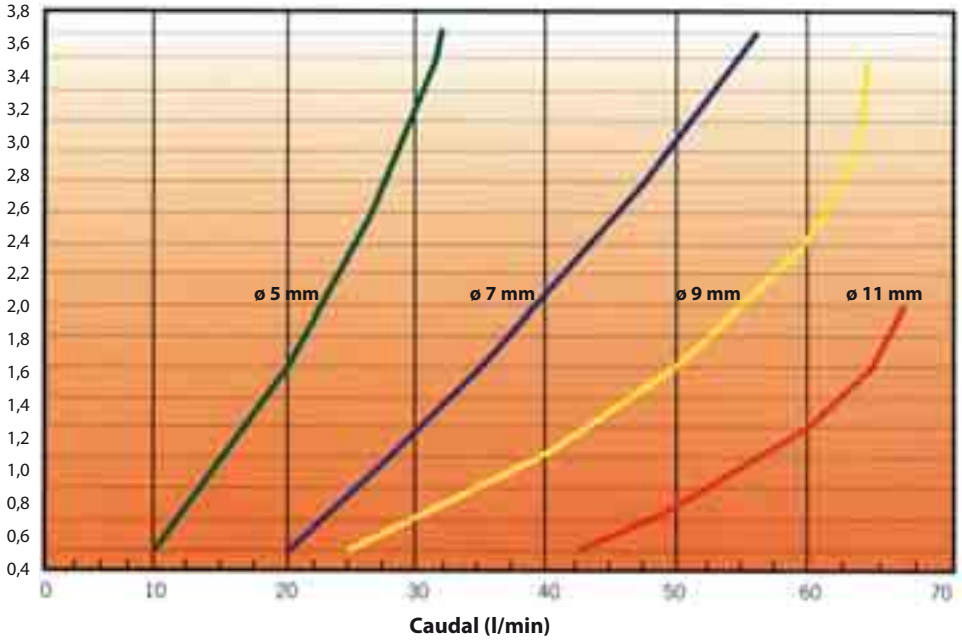
Para pulgadas divida por 25,4



Presión de agua 0,5 bar



Presión de agua 2,5 bar

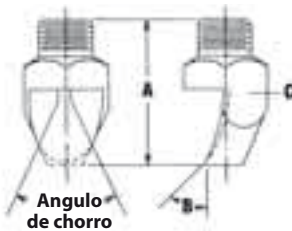
**Presión (bar)**


Cribado

En el mercado también está disponible la boquilla conocida como cola de castor con abrazadera para fijación al tubo. Este tipo de fijación ha probado ser más fuerte y más práctica durante el montaje, ya que no requiere soldadura.


**BOQUILLAS DE PULVERIZACION EN ACERO INOXIDABLE**

También hay boquillas de pulverización en acero inoxidable que producen un chorro estándar de alto impacto en forma de abanico y ángulo de chorro reducido.



DIMENSIONES



Angulo del chorro a 3 bar	Conexión de entrada de la boquilla NPT o BSPT (M)					Capacidad	Diámetro nominal del agujero (mm)	Caudal (litros por minuto)										Angulo del chorro			Dimensiones			Peso neto (kg)
	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4			1	2	3	4	5	6	7	10	1	3	7	A: mm	B: ángulo de flexión	C: tamaño de barra (metros cuadrados)			
																						bar	bar	
50°		•				5010	2,0	2,3	3,2	3,9	4,6	5,1	5,6	6,0	7,2	34°	50°	60°	31	60°	15,9	0,03		
		•	•			5025	2,8	5,7	8,1	9,9	11,4	12,7	14,0	15,1	18,0	42°	50°	59°	41,5	42°	19,1	0,09		
		•	•	•		5040	3,6	9,1	12,9	15,8	18,2	20	22	24	29	39°	50°	60°	47	45°	19,1	0,09		
			•	•		5060	4,8	13,7	19,3	24	27	31	33	36	43	42°	50°	53°	55	37°	25,4	0,14		
				•		50100	6,0	23	32	39	46	51	56	60	72	43°	50°	55°	72	40°	31,8	0,33		
				•		50125	6,7	28	40	49	57	64	70	75	90	38°	50°	59°	72	38°	31,8	0,31		
40°				•		50160	7,5	36	52	63	73	82	89	96	115	44°	50°	55°	72	37°	31,8	0,38		
				•		50200	8,3	46	64	79	91	102	112	121	144	46°	50°	53°	72	32°	31,8	0,31		
					•	4040	3,6	9,1	12,9	15,8	18,2	20	22	24	29	31°	40°	50°	60,5	35°	22,2	0,14		
					•	4050	4,0	11,4	16,1	19,7	23	25	28	30	36	31°	40°	49°	63,5	33°	25,4	0,20		
					•	4060	4,4	13,7	19,3	24	27	31	33	36	43	32°	40°	49°	72	33°	25,4	0,23		
					•	4070	5,2	16,0	23	28	32	36	39	42	50	32°	40°	49°	75,5	29°	25,4	0,26		
35°					•	4080	5,2	18,2	26	32	36	41	45	48	58	32°	40°	48°	77	26°	25,4	0,26		
					•	4090	5,6	21	29	36	41	46	50	54	65	34°	40°	44°	77	28°	25,4	0,23		
					•	40100	6,0	23	32	39	46	51	56	60	72	35°	40°	44°	86,5	28°	25,4	0,26		
	•					3504	1,2	0,91	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,9	20°	35°	41°	23	40°	11,1	0,01		
		•				3510	2,0	2,3	3,2	3,9	4,6	5,1	5,6	6,0	7,2	18°	35°	39°	36,5	36°	15,9	0,06		
		•	•			3520	2,8	4,6	6,4	7,9	9,1	10,2	11,2	12,1	14,4	24°	35°	40°	42	30°	19,1	0,06		
25°					•	3525	2,8	5,7	8,1	9,9	11,4	12,7	14,0	15,1	18,0	24°	35°	39°	49	28°	19,1	0,09		
					•	3530	3,2	6,8	9,7	11,8	13,7	15,3	16,7	18,1	22	26°	35°	41°	52,5	28°	19,1	0,09		
					•	3540	3,6	9,1	12,9	15,8	18,2	20	22	24	29	28°	35°	38°	58	26°	22,2	0,11		
					•	3550	4,0	11,4	16,1	19,7	23	25	28	30	36	31°	35°	38°	63,5	23°	22,2	0,14		
					•	3560	4,4	13,7	19,3	24	27	31	33	36	43	29°	35°	39°	73	27°	25,4	0,23		
					•	3580	5,2	18,2	26	32	36	41	45	48	58	26°	35°	40°	81	24°	25,4	0,26		
					•	35100	6,0	23	32	39	46	51	56	60	72	26°	35°	40°	89	19°	25,4	0,26		
					•	35160	7,5	36	52	63	73	82	89	96	115	26°	35°	40°	114	23°	31,8	0,57		
					•	35200	8,3	46	64	79	91	102	112	121	144	25°	35°	40°	122	22°	31,8	0,57		
		•				2540	3,6	9,1	12,9	15,8	18,2	20	22	24	29	15°	25°	34°	65	25°	19,1	0,11		
15°		•				1510	2,0	2,3	3,2	3,9	4,6	5,1	5,6	6,0	7,2	15°	23°	24°	47,5	22°	15,9	0,06		
		•				1520	2,8	4,6	6,4	7,9	9,1	10,2	11,2	12,1	14,4	15°	19°	54	19°	19,9	15,9	0,06		
			•			1530	3,2	6,8	9,7	11,8	13,7	15,3	16,7	18,1	22	6°	15°	24°	72	25°	19,1	0,11		
			•			1540	3,6	9,1	12,9	15,8	18,2	20	22	24	29	8°	15°	21°	92	18°	22,2	0,23		
				•		1550	4,4	11,4	16,1	19,7	23	25	28	30	36	9°	15°	20°	90,5	15°	22,2	0,17		
				•		1560	4,8	13,7	19,3	24	27	31	33	36	43	10°	15°	19°	125	14°	25,4	0,34		
					•	1580	5,2	18,2	26	32	36	41	45	48	58	11°	15°	18°	130	14°	25,4	0,34		
				•	15100	6,0	23	32	39	46	51	56	60	72	11°	15°	18°	137	14°	25,4	0,40			
				•	15200	8,3	46	64	79	91	102	112	121	144	12°	15°	18°	191	14°	31,8	0,91			

## CALCULO DEL SISTEMA DE LAVADO

Determinación de la cantidad de tubos "Nt":

La cantidad de boquillas por tubo es:

$N_b = B/0,3$ , donde B = anchura de la criba en metros (m).

El caudal de agua hacia la criba es  $V = K \times Q$ , donde Q = alimentación a la criba en m<sup>3</sup>/h y K = factor dependiente del material a ser lavado: a) K = 0,5 a 1,5 para material relativamente limpio y b) K = 1 a 3 para material con alto contenido de arcilla.

Conocida la cantidad de boquillas por tubo (N<sub>b</sub>) calculase el caudal por tubo (V<sub>t</sub>) en m<sup>3</sup>/h para cada combinación de tubo de boquilla / presión y cantidad de tubos (N<sub>t</sub>).

$$N_t = V / V_t = 5 \times (K \times Q) / (N_b \times V_b)$$

$$V = K \times Q$$

$$V_t = N_b \times V_b = (B/0,3) \times V_b \times (60/1000)$$

$$V_t = B \times V_b/5 \text{ (en m}^3/\text{h)}$$

Donde:

**K** = factor de material

**Q** = capacidad de la criba (m<sup>3</sup>/h)

**B** = anchura de la criba (m)

**V<sub>b</sub>** = caudal por boquilla (l/min)

Nota: Las cribas de tres y cuatro pisos no tienen mucho espacio en el segundo y cuarto pisos para la instalación de los tubos. Se recomienda un promedio de tres tubos para cada uno de estos pisos.

## SELECCION DE LA BOMBA

### CAUDAL DE AGUA

$$V = QK \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Donde:

**Q** = capacidad de producción de la criba (m<sup>3</sup>/h)

**K** = factor dependiente del tipo de material

### PRESION TOTAL

$$Pm = P \text{ boquilla} + 0,8 + 0,01 \times a \times L + 0,1 \times DH \text{ (atm)}$$

Donde:

**P boquilla** = presión a la salida de la boquilla en atmósferas (bar)

**DH** = diferencia de nivel entre la criba y la fuente de agua

**a** = factor de pérdida de presión obtenido del gráfico en la página 6-8

**L** = longitud de la tubería entre la fuente de de agua y la criba, en metros

Nota: Para obtener el factor **a**, se deben usar los siguientes procedimientos: después de calcular el caudal **V** se selecciona el diámetro de los tubos teniendo en cuenta los límites de velocidad del agua. A partir de esa velocidad se traza una línea vertical hasta cruzar la curva correspondiente al mismo diámetro en la parte inferior del gráfico y con una horizontal se encuentra el valor de **a**. Para mayor aclaración siga la flecha en el gráfico.

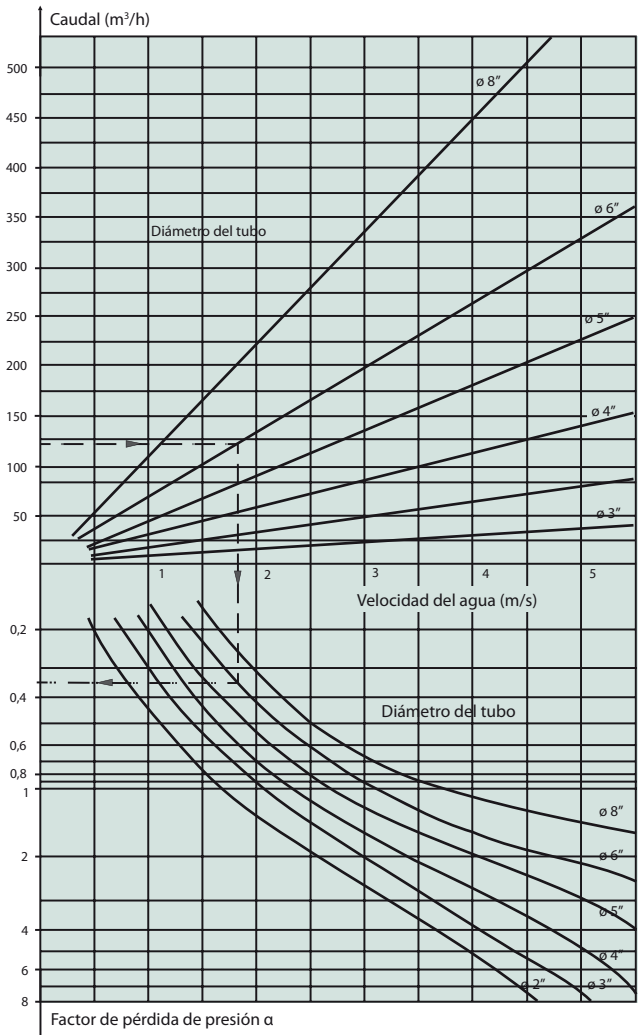
Nota: Las velocidades máximas recomendadas son:

- para tubos mayores que 5"Ø: 4 m/s
- para tubos menores que 5"Ø: 2,5 m/s

### POTENCIA DE LA BOMBA

$$W = \frac{V \times Pm}{27} \text{ (kW)}$$

### FACTOR DE PERDIDA DE PRESION



Para gal/h EE.UU. multiplique por 2,4  
Para pies/s multiplique por 3,28

## TUBERIAS

Información sobre tubos comerciales (Fabricante de referencia: Mannesmann)

Presión de ensayo con agua fría: 50 kg/cm<sup>2</sup>. La presión se refiere solamente al tubo y no a las conexiones. Los pesos en las tablas son pesos hipotéticos.

### DIN 2440

Tubos de acero sin costura, sin galvanizar o galvanizados para agua y gas, según las normas DIN 2440.

Diámetro nominal interior		Diámetro exterior	Espesor de pared	Peso del tubo
plg	mm	mm	mm	kg/m
1/2	15	21,25	2,75	1,25
3/4	20	26,75	2,75	1,63
1	25	33,50	3,25	2,42
1½	40	48,25	3,50	3,86
2	50	60,00	3,75	5,20
2½	65	75,50	3,75	6,64
3	80	88,25	4,00	8,31
4	100	113,50	4,25	11,50
5	125	139,00	4,50	14,90
6	150	164,50	4,50	17,80
8	200	216,00	6,50	33,60

### DIN 2441

Tubos de acero sin costura, sin galvanizar para vapor, según las normas DIN 2441.

Diámetro nominal interior		Diámetro exterior	Espesor de pared	Peso del tubo
plg	mm	mm	mm	kg/m
1/2	15	21,25	3,25	1,44
3/4	20	26,75	3,50	2,01
1	25	33,50	4,00	2,91
1½	40	48,25	4,25	4,61
2	50	60,00	4,50	6,16
2½	65	75,50	4,50	7,88
3	80	88,25	4,75	9,78
4	100	113,50	5,00	13,40
5	125	139,00	5,50	18,10
6	150	164,50	5,50	21,60
8	200	216,00	7,50	38,60

Para pulgadas divide por 25,4

## DATOS TECNICOS PARA ASTM-A 120-6IT, CEDULAS 40 Y 80

Material: Acero de calidad A o B, según las normas ASTM.

La presión de ensayo se refiere solamente al tubo y no a las conexiones. Los pesos en las tablas son pesos hipotéticos y se refieren solamente a tubos sin galvanizar.



Para se obtener el peso hipotético de los tubos galvanizados es necesario incrementar el peso hipotético de los tubos sin galvanizar en cerca del 7%.

**ASTM-A 120-6IT, CEDULA 40**

Tubos de acero sin costura, sin galvanizar o galvanizados, extra fuertes

Diámetro nominal interior	Diámetro exterior		Espesor de pared		Peso del tubo sin galvanizar, sin manguitos		Peso del tubo sin galvanizar, con manguitos		Presión de ensayo con agua fría			
	plg	mm	plg	mm	plg	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft	Acero calidad A		Acero calidad B
plg	mm	plg	mm	plg	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
1/2	21,34	0,840	2,77	0,109	1,265	0,85	1,29	0,87	49	700	49	700
3/4	26,67	1,050	2,87	0,113	1,682	1,13	1,72	1,16	49	700	49	700
1	33,40	1,315	3,38	0,133	2,500	1,68	2,56	1,72	49	700	49	700
1¼	42,16	1,660	3,56	0,140	3,378	2,27	3,45	2,31	70	1.000	77	1.100
1½	48,26	1,900	3,68	0,145	4,048	2,72	4,18	2,81	70	1.000	77	1.100
2	60,33	2,375	3,91	0,154	5,432	3,65	5,60	3,76	70	1.000	77	1.100
2½	73,03	2,875	5,16	0,203	8,617	5,79	8,76	5,90	70	1.000	77	1.100
3	88,90	3,500	5,49	0,216	11,280	7,58	11,60	7,80	70	1.000	77	1.100
3½	101,60	4,000	5,74	0,226	13,560	9,11	14,11	9,50	84	1.200	91	1.300
4	114,30	4,500	6,02	0,237	16,060	10,79	16,81	11,30	84	1.200	91	1.300
5	141,30	5,563	6,55	0,258	21,760	14,62	22,67	15,23	84	1.200	91	1.300
6	168,30	6,625	7,11	0,280	28,230	18,97	29,59	19,90	84	1.200	91	1.300
8	219,10	8,625	8,18	0,322	42,490	28,55	44,66	30,00	91	1.300	91	1.300
10	273,05	10,750	9,27	0,365	60,2	40,48	—	—	84	1.200	98	1.400

Cribado

**ASTM-A 120-6IT, CEDULA 80**

Tubos de acero sin costura, sin galvanizar o galvanizados, extra fuertes

Diámetro nominal interior	Diámetro exterior		Espesor de pared		Peso del tubo sin galvanizar, sin manguitos		Peso del tubo sin galvanizar, con manguitos		Presión de ensayo con agua fría			
	plg	mm	plg	mm	plg	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft	Acero calidad A		Acero calidad B
plg	mm	plg	mm	plg	kg/m	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
1/2	21,34	0,840	3,73	0,147	1,622	1,09	1,66	1,15	60	850	60	850
3/4	26,67	1,050	3,91	0,154	2,188	1,47	2,24	1,50	60	850	60	850
1	33,40	1,315	4,55	0,179	3,229	2,17	3,31	2,22	60	850	60	850
1¼	42,16	1,660	4,85	0,191	4,465	3,00	4,56	3,07	105	1.500	112	1.600
1½	48,26	1,900	5,08	0,200	5,402	3,63	5,56	3,74	105	1.500	112	1.600
2	60,33	2,375	5,54	0,218	7,471	5,02	7,67	5,15	105	1.500	112	1.600
2½	73,03	2,875	7,01	0,276	11,400	7,66	11,76	7,90	105	1.500	112	1.600
3	88,90	3,500	7,62	0,300	15,250	10,25	15,75	10,55	105	1.500	112	1.600
3½	101,60	4,000	8,08	0,318	18,615	12,51	19,27	12,95	120	1.700	127	1.800
4	114,30	4,500	8,56	0,337	22,290	14,98	23,19	15,55	120	1.700	127	1.800
5	141,30	5,563	9,52	0,375	30,921	20,78	32,02	21,50	120	1.700	127	1.800
6	168,30	6,625	10,97	0,432	42,512	28,57	44,15	29,70	120	1.700	127	1.800
8	219,10	8,625	12,70	0,500	64,564	43,39	67,16	45,10	120	1.700	169	2.400
10	273,05	10,750	12,70	0,500	81,500	54,74	—	—	112	1.600	134	1.900

## Equipos de proceso en húmedo Metso Minerals

### Proceso completo

Metso Minerals es el líder mundial en el suministro de equipos de trituración y cribado, sistemas completos de cribado y soluciones de cribado para las industrias de procesamiento de rocas y minerales. Nuestro programa de producción incluye todos los equipos e instalaciones necesarios para lavado (lavadores de piedras SW, tromeles lavadores LD) y para una producción eficiente en coste/beneficio de gravilla y arena (separadores de arena SF y ruedas de cangilones DEA).

Para el reciclaje del agua de proceso para recirculación, Metso Minerals puede integrar unidades para clarificación de agua y espesamiento de lodos.

### Separadores de arena

Los separadores de arena son las máquinas clásicas para la recuperación de arena del agua de descarga de cribas de desagüe o flujos inferiores de separadores centrífugos.

Los separadores de arena de Metso Minerals proporcionan un alto grado de recuperación de arena (desde 100 a 120  $\mu$ ) para incrementar la producción con un bajo coste de operación.

Además del bajo consumo de energía para accionamiento, los separadores de arena ofrecen bajos costes de mantenimiento y de desgaste.

### Descripción del proceso

Se alimenta la mezcla de agua y arena al separador a través de una entrada central por debajo de la criba de desagüe. El material entra la artesa en una sección sin turbulencia de la rueda de desagüe.

La arena se deposita en el fondo de la artesa. Un tornillo sin fin de movimiento lento transporta el material para la rueda de desagüe.

El agua residual rebosa a través de un vertedero en la extremidad opuesta de la máquina.

### La rueda de desagüe descarga el producto en la criba de desagüe o agotado.

Para lograr un mayor efecto de desagüe se integra en la máquina una criba de desagüe tipo ESU de Metso Minerals.



### Características técnicas

- Costes de operación extremadamente económicos.
- Artesa grande.
- Rueda de desagüe pesada.
- Transportador de tornillo sin fin con rotación extremadamente lenta.
- Desgaste reducido mismo con material abrasivo.
- Controlador de frecuencia electrónico que controla la velocidad en conformidad con la capacidad de alimentación para descarga óptima de arena con efecto de desagüe eficiente.



Rango		SF 2360	SF 2850	SF 2870	SF 2960	SF 2975
<b>Tipo de desaguador agotador</b>		ESU 8020	ESU 1220	ESU 1220	ESU 1525	ESU 1530
<b>Accionamiento del desaguador</b>	(kW)	2 x 0,9	2 x 1,7	2 x 1,7	2 x 1,9	2 x 3,0
<b>Capacidad de arena</b>	(t/h)	50-70	80-100	90-120	140-150	150-180
<b>Capacidad de alimentación, arena</b>	(m <sup>3</sup> /h)	35-40	50-60	60-65	70-80	80-100
<b>Agua necesaria</b>	(m <sup>3</sup> /h)	175	175	240	220	270
<b>Potencia</b>	(kW)	4	7,5	7,5	9,2	11
<b>Longitud T</b>	(mm)	6.000	5.000	7.000	6.000	7.500
<b>Longitud L</b>	(mm)	8.810	7.870	9.870	9.520	11.710
<b>Anchura B</b>	(mm)	2.570	3.000	3.000	3.150	3.150
<b>Altura H</b>	(mm)	2.720	3.000	3.000	3.000	3.100
<b>Velocidad de rotación</b>	(rpm)	De 2,6 a 3,0				
<b>Peso</b>	(kg)	9.000	10.500	11.700	12.500	14.000
<b>Peso operacional</b>	(kg)	27.000	33.000	35.000	38.000	42.000

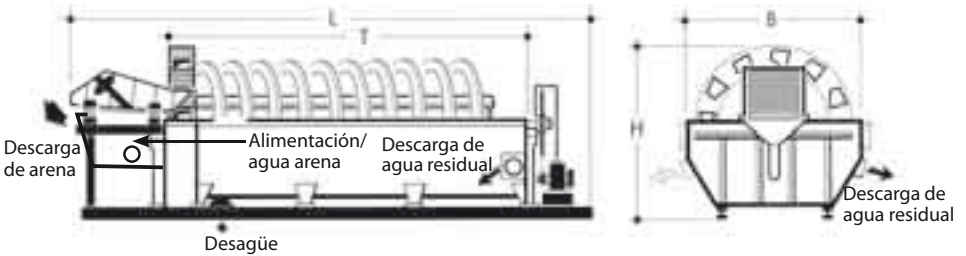
Para pulgadas divida por 25,4

Para toneladas cortas por hora multiplique por 1,1

Para caballos vapor multiplique por 1,34

Para libras divida por 0,45

Para pies cúbicos multiplique por 35,3



Separador de arena en operación

### Lavadores de piedras de dos ejes

Se usan los lavadores de piedras para limpiar gravilla y piedra triturada con contenido de arcilla u otros contaminantes.

La gama de lavadores de Metso Minerals le permite seleccionar el lavador de piedras correcto en conformidad con el material y la capacidad.

### Descripción del proceso

Los lavadores de piedras de Metso Minerals llevan dos ejes para una mejor eficiencia de limpieza. Se alimenta el mineral contaminado en la extremidad inferior de la artesa que está montada en una posición inclinada. La inclinación es de cerca de 7,5°.

El material es transportado a la descarga superior de la artesa mediante la rotación de los ejes de paletas espirales que funcionan en direcciones opuestas. La interacción de las paletas produce un movimiento ascendente y una acción de rozamiento en el material transportado. Este movimiento causa rozamiento entre las piedras y las paletas desprendiendo la arcilla (contaminantes) que se disuelve en el agua.

Las impurezas/arcilla disueltas en el agua salen de la artesa a través de la salida de agua en el lado de alimentación. El contenido de arcilla del material de alimentación debe ser inferior al 10% y la arcilla debe ser soluble en agua.

El material lavado es descargado en el lado superior de la artesa. En el caso de un mayor porcentaje de material orgánico – tal como madera – se puede lograr una eficiente extracción de

contaminación más ligera ajustando el aparato de contracorriente en serie con los lavadores de piedras.

### Construcción de la máquina

Los lavadores de piedras de Metso Minerals son de construcción robusta. La artesa es de acero conformado, totalmente soldada con placas de desgaste atornilladas en los lados de alimentación y descarga, incrementando la vida útil del equipo.

El accionamiento consiste en dos motores eléctricos, correas trapezoidales y engranajes rectos. La rotación sincronizada de los dos ejes de paletas es controlada mediante un conjunto engranajes de distribución montadas en baño de aceite.

Los ejes llevan rodamientos de rodillos cilíndricos montados en cajas de grasa generosamente dimensionadas.

Las paletas están montadas en espiral para evitar impactos o picos de potencia en el sistema de transmisión.

Las paletas son de acero especial resistente al desgaste. Los ejes funcionan a baja velocidad para asegurar una larga vida útil de las paletas.

### Características

- Artesa de construcción robusta con placas de desgaste en las extremidades.
- Ejes rígidos montados en rodamientos de rodillos cilíndricos de servicio pesado.
- Paletas reemplazables de acero resistente al desgaste.
- Muñones del eje reemplazables individualmente.
- Engranaje reductor fiable.

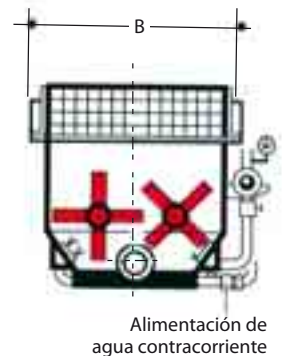
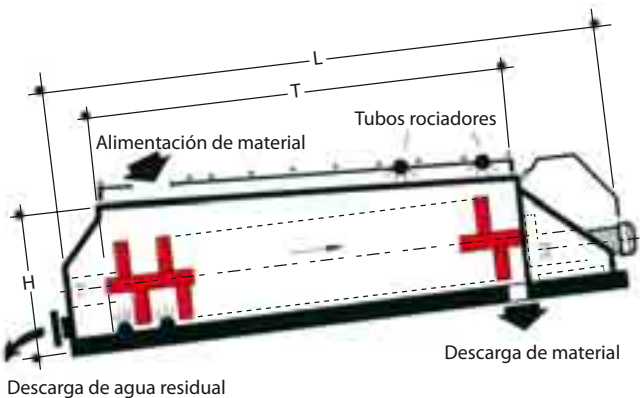



*Lavador de piedras en operación*

Rango		SW 0840	SW 1160	SW 1165	SW 1260	SW 1370
<b>Diámetro de los ejes</b>	(mm)	850	1.100	1.170	1.240	1.446
<b>Tamaño de alimentación</b>	(mm)	de 2 a 50 mm				
<b>Rango de capacidad</b>	(t/h)	65-90	110-150	140-180	170-220	220-300
<b>Velocidad de rotación</b>	(rpm/min.)	24-30	23-29	23-29	23-30	23-32
<b>Potencia</b>	(kW)	2 x 7,5	2 x 18,5	2 x 22	2 x 30	2 x 45
<b>Longitud T</b>	(mm)	4.210	6.000	6.000	6.000	7.000
<b>Longitud L</b>	(mm)	5.500	7.290	7.350	7.680	8.703
<b>Anchura B</b>	(mm)	1.640	2.190	2.330	2.500	2.990
<b>Altura H</b>	(mm)	1.196	1.496	1.496	1.720	1.896
<b>Agua necesaria</b>	(m <sup>3</sup> /h)	15-45	35-105	45-135	60-180	100-260
<b>Peso del Logwasher</b>	(kg)	5.400	9.500	10.800	12.500	18.400
<b>Peso operacional</b>	(kg)	16.200	28.500	32.400	37.500	55.200

Otros equipos de proceso en humedo

*Para pulgadas divida por 25,4*  
*Para toneladas cortas por hora multiplique por 1,1*  
*Para caballos vapor multiplique por 1,34*  
*Para libras divida por 0,45*  
*Para pies cúbicos multiplique por 35,3*



## Tambores lavadores giratorios (tromeles)

Metso Minerals ofrece una amplia gama de tambores lavadores giratorios basados en la tecnología de corriente directa.

Así, es posible seleccionar el proceso más adecuado en base a las consideraciones técnicas y económicas, con el tamaño más adecuado.



		LD 20 x 65	LD 24 x 80	LD 30 x 90	LD 30 x 120
<b>Capacidad (tiempo 5' - 3')</b>	(m <sup>3</sup> /h)	50-86	94-156	165-274	220-360
<b>Capacidad (5' - 3') d = 1,6</b>	<b>(t/h)</b>	<b>80-140</b>	<b>150-250</b>	<b>260-430</b>	<b>350-550</b>
<b>Capacidad máxima teórica</b>	(m <sup>3</sup> /h)	130	215	340	430
<b>Alimentación máxima</b>	(mm)	240	290	360	360
<b>Potencia</b>	(kW)	4 x 11	3 x 30	3 x 45	4 x 45
<b>Velocidad de rotación</b>	(rpm)	9,3	10	8,8	8,8
<b>Diámetro del tambor</b>	(mm)	2.000	2.400	3.000	3.000
<b>Longitud del tambor</b>	(mm)	6.500	8.000	9.000	12.000
<b>Ø de la abertura de entrada</b>	(mm)	800	950	1.200	1.200
<b>Ø de la abertura de salida</b>	(mm)	1.250	1.500	1.850	1.850
<b>Demanda de agua</b>	(m <sup>3</sup> /h)	100-150	200-250	300-400	400-550
<b>Demanda máxima de agua</b>	(m <sup>3</sup> /h)	390	645	1020	1300
<b>Peso sin revestimientos</b>	(Kg)	11.000	22.000	31.000	45.000
<b>Peso con revestimientos</b>	(Kg)	<b>15.500</b>	<b>28.000</b>	<b>39.000</b>	<b>56.000</b>

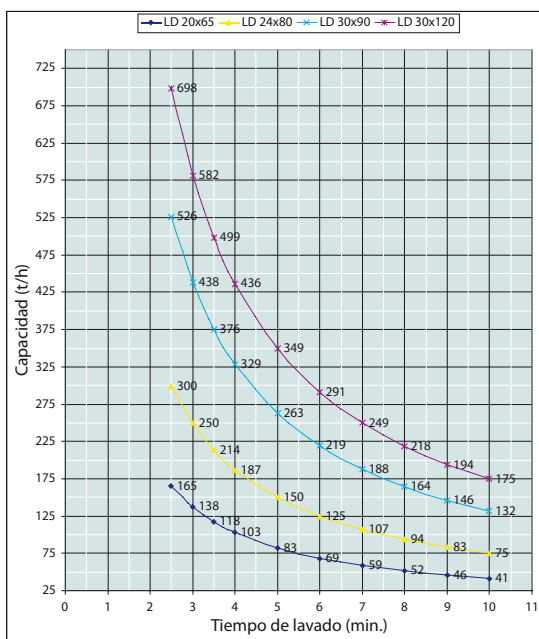
Para pulgadas divida por 25,4

Para toneladas cortas por hora multiplique por 1,1

Para caballos vapor multiplique por 1,34

Para libras divida por 0,45

Para pies cúbicos multiplique por 35,3



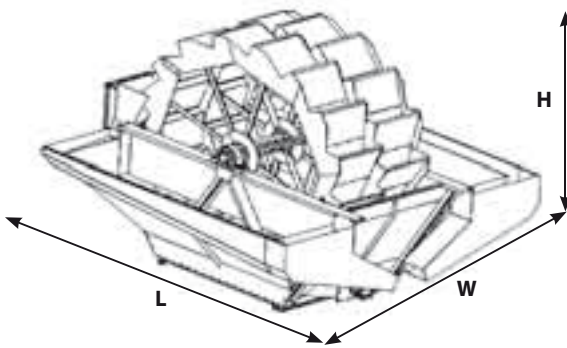
**Ruedas de cangilones**
**Descripción del proceso**

- En un flujo con baja turbulencia se alimenta una mezcla de sólidos y agua a la artesa donde ocurre la decantación.
- La alimentación de material está ubicada en el lado opuesto a la descarga del producto.
- Los sólidos se precipitan hacia el fondo.
- La artesa tiene paredes inclinadas para coleccionar los sólidos en la parte central del fondo.
- Los cangilones de la rueda dragan los sólidos y los descargan en el conducto de descarga.

El agua fluye hacia el reboso.

**Características técnicas**

- Componentes principales
- Artesa con caja de alimentación
- Conducto de descarga
- Caja de reboso de pared doble
- Variador de frecuencia electrónico que controla la velocidad en conformidad con la capacidad de alimentación para descarga óptima de arena con efecto de desagüe eficiente.
- Bajo desgaste.
- Bajo consumo de energía.



Otros equipos de proceso en humedo

		DEA 1030	DEA 1430	DEA 1540	
<b>Tamaño de alimentación</b>	(mm)	0-6 mm			
<b>Diámetro de la rueda</b>	(mm)	3.000	3.000	4.000	
<b>Anchura de la rueda</b>	(mm)	1.000	1.400	1.500	
<b>Area</b>	(m <sup>2</sup> )	6,1	10,6	16,6	
<b>Capacidad de la artesa</b>	(m <sup>3</sup> )	6,33	8,5	18	
<b>Potencia</b>	(kW)	2,2	3	4	
<b>Velocidad</b>	(rpm/min.)	1,3	1,3	1,2	
<b>Capacidad de material (desagüado)*</b>	(t/h)	85	120	200	
<b>Capacidad de material (desagüado)</b>	(m <sup>3</sup> /h)	50	70	110	
<b>Consumo de agua</b>	(m <sup>3</sup> /h)	120	200	330	
<b>Peso</b>	(Kg)	4.000	4.500	6.500	
<b>Peso operacional</b>	(Kg)	12.000	13.500	19.500	
<b>Dimensiones</b>	Anchura W	(mm)	3.000	3.900	4.500
	Longitud L	(mm)	3.900	4.400	5.700
	Altura H	(mm)	3.200	3.200	4.300

\* La capacidad puede ser regulada por un variador de frecuencia añadido por el cliente

Para pulgadas divide por 25,4

Para toneladas cortas por hora multiplique por 1,1

Para caballos vapor multiplique por 1,34

Para libras divide por 0,45

Para pies cúbicos multiplique por 35,3

Para pies cuadrados multiplique por 10,7



Con más de cien años de experiencia y decenas de millares de transportadores en operación, Metso Minerals ofrece una gama de transportadores que cumplen con diversos requisitos de seguridad, fiabilidad y facilidad de mantenimiento.

Siendo el líder mundial en el suministro de equipos de trituración, Metso Minerals mejorará su competitividad mediante una mejora de la fiabilidad.

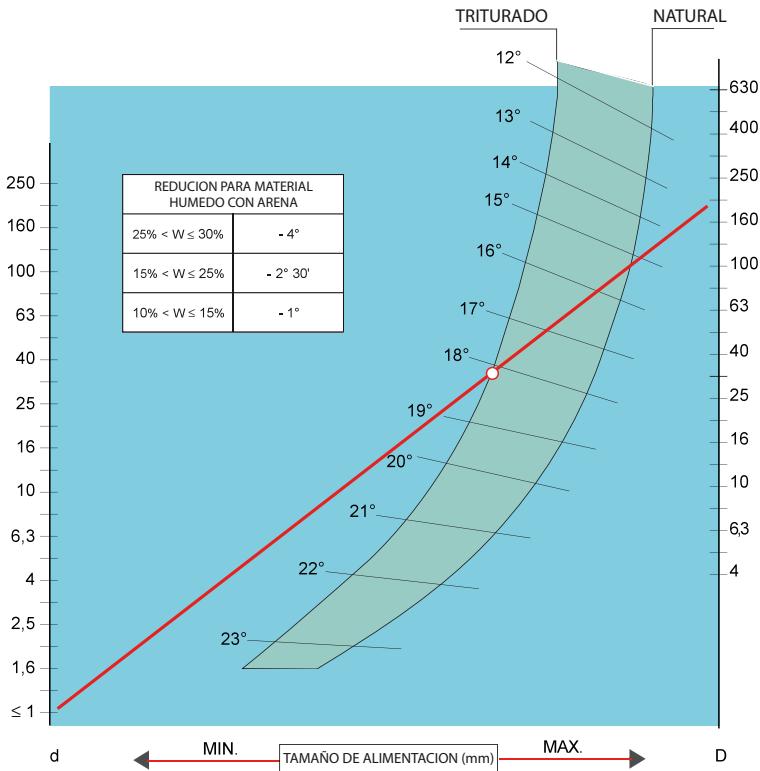




## Guía para seleccionar transportadores – Transportadores Norberg NB, TBC, TEC y EBC



### Inclinación máxima del transportador según el tipo de material



### Anchura y calidad de la cinta

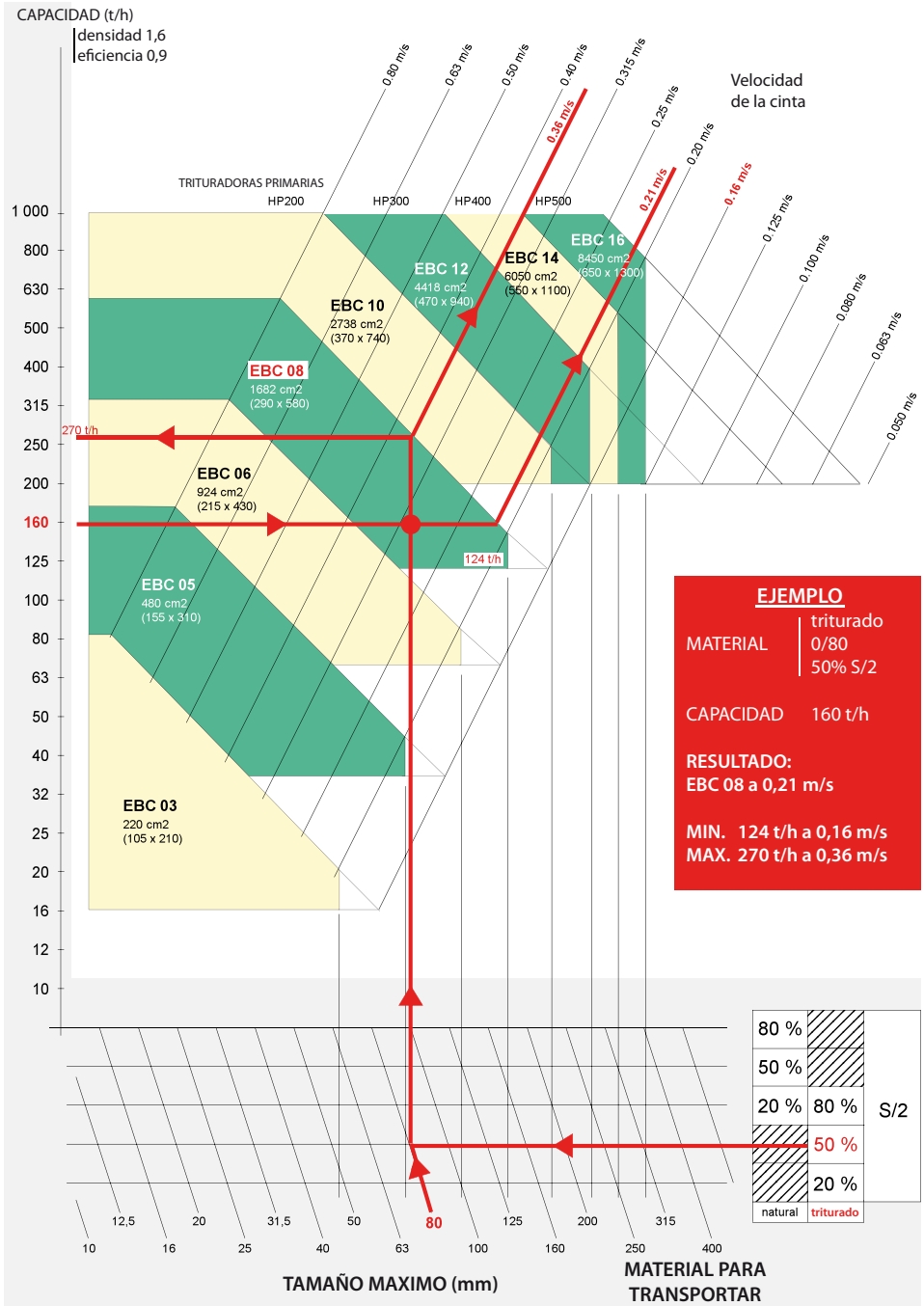
#### REGLA GENERAL PARA SELECCIONAR LA ANCHURA DE LA CINTA EN CONFORMIDAD CON EL TIPO DE MATERIAL Y LA VELOCIDAD DE LA CINTA

Anchura de la cinta (mm)	Material primario V (velocidad de la cinta) = 1,4 m/s	d / D > 80 mm V (velocidad de la cinta) = 1,4 m/s	0/80 mm máx. V (velocidad de la cinta) = 1,4 m/s	0/50 mm máx. V (velocidad de la cinta) = 1,4 m/s
500	100 t/h de 0-100 mm	115 t/h	150 t/h	180 t/h
650	150 t/h de 0-150 mm	200 t/h	260 t/h	300 t/h
800	350 t/h de 0-200 mm	460 t/h	600 t/h	700 t/h
1000	600 t/h de 0-250 mm	700 t/h	900 t/h	1.050 t/h
1200	850 t/h de 0-300 mm	1.000 t/h	1.300 t/h	1.500 t/h

Tabla válida para las siguientes granulometrías de alimentación: 50% pasante

Para pulgadas divida por 25,4. Para pies/s multiplique por 3,25. Para toneladas cortas por hora multiplique por 1,1.

## Extractor TEC/Gráfico de selección

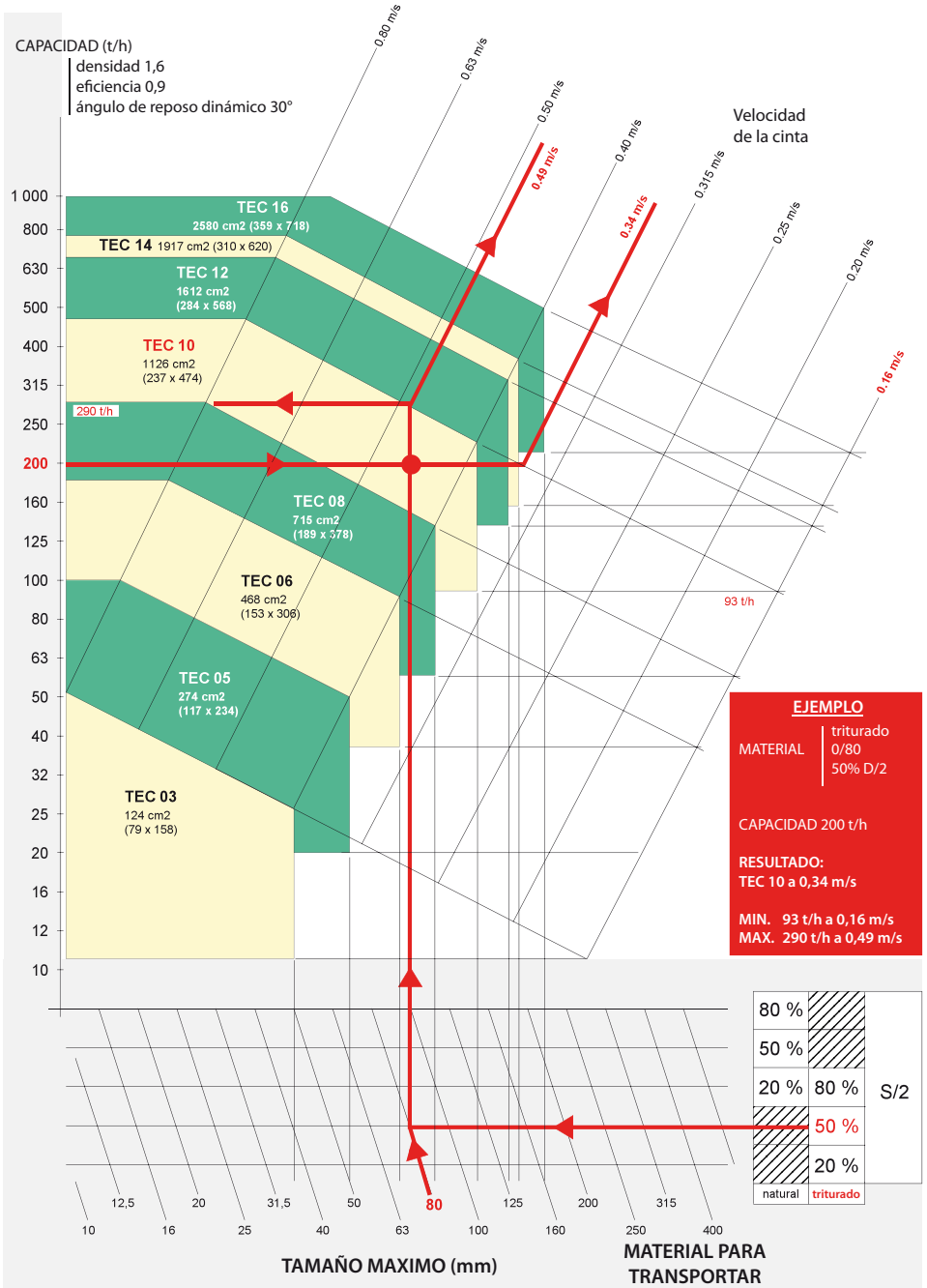


S = tamaño máximo del material

Para TCPH multiplique por 1,1

Para pulgadas divida por 25,4

## Extractor EBC/Gráfico de selección



Transportadores

S = tamaño máximo del material

Para TCPH multiplique por 1,1

Para pulgadas divide por 25,4

**Transportadores Nordberg – Serie NG**  
**Especificaciones**

Descripción			Anchura de la cinta (mm)					
			NB 500	NB 650	NB 800	NB 1000	NB 1200	
<b>CONJUNTO DE COLA</b>	Longitud	(mm)	450			512		
	Longitud tensión	Corto (mm) Longitud (mm)	320 560			400 640		
	Tolva de alimentación	(mm)	500x1.245	650x1.260	800x1.265	1.000x2.305	1.200x2.340	
	Ø de la polea	(mm)	245 (4 a 11 kw)	245 (4 to 11 kW)		324 (7.5 to 11 kW)		
		324 (15 to 37 kW)		406 (15 to 60 kW)				
		406 (45 and 60 kW)		508 (75 and 90 kW)				
<b>CABEZA</b>	Longitud	(mm)	324	342		426		
	Potencia	(kW)	de 4 a 11	de 4 a 60		de 7.5 a 90		
	Ø de la polea	(mm)	261 (4 & 5,5 kW) 340 (7.5 & 11 kW)	340 (4 to 11 kW)		422 (7.5 to 11 kW)		
				422 (15 to 37 kW)		524 (15 to 60 kW)		
		524 (45 and 60 kW)		646 (75 and 90 kW)				
<b>ESTRUCTURA INTERMEDIA</b>	Longitudes	Viga estándar (m)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10					
		Viga de gran luz (m)	2-3-4-5-6-7-8-9-10			2-4-6-8-10		
		Viga de gran luz decreciente (m)	6			10		
	Anchura global	(mm)	820	1.000	1.150	1.400	1.650	
	Altura global	Viga estándar (mm)	650	750	750	950	950	
		Viga de gran luz (m)	1.400	1.400	1.400	2.000	2.000	
		Viga de gran luz decreciente (m)	650/1.400	750/1.400	750/1.400	950/2.000	950/2.000	
	Lux máxima	Sin pasarela	Viga estándar (mm)	16	20	20	22	22
			Viga de gran luz (m)	36	36	36	44	44
		Con pasarela	Viga estándar (mm)	12	16	16	18	18
			Viga de gran luz (m)	32	32	32	40	40
	Voladizo máximo	Sin pasarela	Viga estándar (mm)	3	4	4	4	4
		Sin cond. descarga	Viga de gran luz (m)	8	8	8	10	10
Con pasarela o		Viga estándar (mm)	2	3	3	3	3	
Con cond. descarga		Viga de gran luz (m)	6	6	6	8	8	
Con pasarela y		Viga estándar (mm)	1	2	2	2	2	
Con cond. descarga		Viga de gran luz (m)	4	4	4	6	6	
<b>ESTRUCTURA INTERMEDIA</b>	NF 53301 ISO 1537	Transporte	Ø x L x esp. (mm)	89x200x3	89x250x3	89x315x3	133x380x3	133x465x4
			Distancia entre rodillos tensores (mm)	1.000 (250 debajo del conducto de alimentación)				
			Num. rodillos/conjunto	3	3	3	3	4
			Angulo pasante	35°	35°	45°	45°	45°
			Ejes: Ø x L (mm)	20x226	20x276	20x341	20x406	20x491
			Planos: espesor x distancia. (mm)	14x208	14x258	14x323	14x388	14x473
			Retorno	Ø x L x esp. (mm)	89x600x3	89x750x3	89x950x3	89x1.150x3
	Distancia entre rodillos tensores (mm)	3000						
	Num. rodillos/conjunto	1		1	1	1	1	
	Ejes: Ø x L (mm)	20x626		20x776	20x976	20x1.176	20x1.426	
		Planos: espesor x distancia. (mm)	14x608	14x758	14x958	14x1.158	14x1.408	
Longitud de la artesa	(mm)	1.450	1.450	1.450	1.667	1.667		
<b>CINTA</b>	Resistencia a la rotura (N/mm) Número de pilas Espesor cubierta de goma (mm)	200/2 3+1	●					
		250/2 3+1.5	●	●				
		315/2 4+2	●	●	●			
		400/3 4.2		●	●	●		
		500/3 5.2			●	●	●	
		630/3 6+2				●	●	
800/3 8+3					●			

Para pulgadas divida por 25,4. Para CV multiplique por 1,34

**Transportadores Nordberg – Serie Compacta**

Anchura de la cinta			mm	350	500	650	800	1000	1200	1400	1600
<b>Bastidor</b>	Anchuras x alturas	mm	520 x 160	700 x 175	870 x 200	1.030 x 215	1.270 x 235	1.530 x 270	1.780 x 290	2.000 x 330	
	Espesores	mm	4	5	6	6	8	8	10	10	
	Espacio máximo entre puntos de apoyo	mm	10.000								
	Voladizo máximo	sin conducto de descarga	mm	3.000 con engranaje reductor / 4.000 sin engranaje reductor							
con conducto de descarga		mm	2.000 con engranaje reductor / 3.000 sin engranaje reductor								
<b>Eje motor</b>	Longitudes de tambor	mm	390	560	720	870	1.080	1.280	1.500	1.700	
	Diámetros de tambor	accionamiento	mm	184	210	235	261	289	340	372	422
		transmisión	mm	168	194	219	245	273	324	356	406
<b>Rodamientos</b>	ISO 113 II Diámetro interior	mm	35	40	50	55	65	65	75	85	
	Distancia entre centros	mm	450	630	796	950	1.175	1.390	1.620	1.830	
<b>Tensión de la cinta</b>	Tolerancia de ajuste	mm	Distancia entre centros < 5 m = 150 mm / espaciamiento > 5 m = 300 mm								
<b>Soportes de rodillos tensores</b>	Distancia entre rodillos tensores	Transportadores	mm	Máximo 1000 (250 to 375 debajo del alimentador)							
		Extractores	mm	250	250	250	250	250	250	250	250
		Transportadores-Extractores	mm	Máximo 500 (250 to 375 debajo del alimentador)							
	Distancia entre centros de rodillos tensores de retorno	mm	Máximo 3.000								
	Núm. rodillos tensores por soporte		35	40	50	55	65	100	110	130	
	Angulo pasante	TBC/TEC		15°	28°	29°	30°	30°	30°	30°	30°
EBC			3°	3°	3°	3°	3°	3°	3°	3°	
Distancias de transporte	mm	250	500	500	500	750	750	1000	1000		
<b>Rodillos tensores</b>	Diámetro x longitud x exposor	mm	70 x 200 x 2	89 x 200 x 3	89 x 250 x 3	89 x 315 x 3	89 x 380 x 3	133 x 430 x 4	133 x 380 x 4	133 x 430 x 4	
	Ejes = diámetro x longitud	mm	15 x 226	20 x 226	20 x 276	20 x 341	20 x 406	20 x 456	20 x 406	20 x 456	
	Plano = longitudes x distancia entre centros	mm	8 x 208	14 x 208	14 x 258	14 x 323	14 x 388	14 x 436	14 x 388	14 x 436	
	Tipo de rodamiento		6202	6204	6204	6204	6204	6204	6204	6204	
	Rodillo guía	mm	Ø 54 x 100					Ø 89 x 120			
<b>Cintas</b>	TBC/TEC Resistencia a la rotura/núm. de pliegues daN/cm	cm	250/2	250/2	315/2	315/2	400/3	400/3	500/3	500/3	
		Espesor del revestimiento	mm	3+1	3+1	4+2	4+2	4+2	4+2	6+2	6+2
		Espesor total	mm	7	7	9	9	10	10	12	12
	EBC Resistencia a la rotura/núm. de pliegues daN/cm	cm	250/2	315/2	400/3	400/3	500/3	500/3	500/3	500/3	
		Espesor del revestimiento	mm	3+1	4+2	6+2	6+2	6+2	6+2	8+3	8+3
		Espesor total	mm	7	9	11	11	12	12	15	15
<b>Caja de cambios</b>	Transportadores	Potencia	kW	1,5	3	4	5,5	7,5	9,2	9,2	11
		Velocidad de rotación	t/mn	166	146	130	117	106	90	82	72
		Diámetro interior	mm	32	38	38	48	48	60	60	80
	Extractores	Potencia	kW	1,5	3	4	5,5	7,5	7,5	9,2	9,2
		Velocidad de rotación	t/mn	83	73	65	59	53	28	19	12
		Diámetro interior	mm	32	38	38	48	60	60	70	80
	Transportadores-Extractores	Potencia	kW	1,5	3	4	5,5	7,5	9,2	11	11
		Velocidad de rotación	t/mn	83	73	65	59	53	45	41	34
		Diámetro interior	mm	32	38	38	48	60	60	70	80
	Velocidad de la cinta	m/s	TBC 1,6 m/s - TEC-EBC 0,8 m/s a 50 Hz								
	<b>Tolvas</b>	Espesor del panel + forros	mm	4+5	4+5	5+6	5+6	6+8	6+8	6+8	6+8
		Secciones transversales plegadizas	Transportadores 45 shore	mm	80 x 6	100 x 6	120 x 6	150 x 6	200 x 10	200 x 10	200 x 10
Extractores 45 shore			mm	50 x 20	50 x 20	100 x 20	100 x 20	100 x 20	100 x 20	100 x 20	100 x 20
Transportadores-Extractores 45 shore			mm	80 x 10	100 x 10	100 x 10	120 x 10	150 x 10	150 x 10	150 x 10	150 x 10
Longitud de la tolva de alimentación		TBC	mm	750	1.000	1.000	1.000	1.250	1.250	1.500	1.500
		EBC/TEC	mm	extensión a lo largo de la longitud de la máquina							
Anchura (interior, parte superior)		Cinta alimentadora TBC/TEC/EBC	mm	170-240	250-370	368-498	518-648	650-824	850-1.024	986-1.204	11.86-1.404
	Transportadores-Extractores	mm	210	310	430	580	740	940	1.100	1.300	
<b>Rascadores</b>	Rascadores Trellex		T-HNS, P-ABC HNS, P-ABC70								
	Rascadores Belbanne		URT-M								

Para pulgadas divida por 25,4. Para CV multiplique por 1,36 Para pies multiplique por 3,28

**Transportadores Nordberg – Serie Compacta**
**TBC**

	Items	Dimensiones de los transportadores TBC							
		350	500	650	800	1000	1200	1400	1600
<p>Distancia nominal entre centros</p>	<b>L mini</b>	1.500	2.000	2.000	2.000	2.500	2.500	3.000	3.000
	<b>L maxi</b>	6.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	8.000	8.000
	<b>P</b>	520	700	870	1.030	1.270	1.530	1.780	2.000
	<b>H</b>	330	375	440	505	590	670	680	740
	<b>A</b>	220	270	270	330	330	380	380	380
	<b>B</b>	210	200	190	260	250	320	300	360
	<b>C</b>	120	120	130	150	170	190	210	230
	<b>D</b>	750	1.000	1.000	1.000	1.250	1.250	1.500	1.500
	<b>M</b>	210	310	430	580	740	940	1.100	1.300

**EBC**

	Items	Dimensiones de los transportadores EBC							
		350	500	650	800	1.000	1.200	1.400	1.600
<p>Distancia nominal entre centros</p>	<b>L mini</b>	500	1.000	1.000	1.000	1.500	1.500	2.000	2.000
	<b>L maxi</b>	1.000	1.500	1.500	1.500	2.000	2.000	2.500	2.500
	<b>P</b>	520	700	870	1.030	1.270	1.530	1.780	2.000
	<b>H</b>	330	420	500	600	720	870	980	1.140
	<b>A</b>	220	270	270	330	330	350	350	350
	<b>B</b>	130	200	190	180	250	240	300	280
	<b>C</b>	150	200	260	330	400	490	570	670
	<b>M mini</b>	170	250	368	518	650	850	986	1.186
	<b>M maxi</b>	210	310	430	580	740	940	1.100	1.300

**TEC**

	Items	Dimensiones de los transportadores TEC							
		350	500	650	800	1.000	1.200	1.400	1.600
<p>Distancia nominal entre centros</p>	<b>L mini</b>	1.500	2.000	2.000	2.000	2.500	2.500	3.000	3.000
	<b>L maxi</b>	2.500	3.000	3.000	3.000	3.500	3.500	4.000	4.000
	<b>P</b>	520	700	870	1.030	1.270	1.530	1.780	2.000
	<b>H</b>	330	375	440	505	590	670	680	740
	<b>A</b>	220	270	270	330	330	350	350	380
	<b>B</b>	210	200	190	260	250	320	300	360
	<b>C</b>	120	120	130	150	170	190	210	230
	<b>M</b>	210	310	430	580	740	940	1.100	1.300

Para pulgadas divide por 25,4.

## Ejemplos de procesos y fundamentos de la definición

### Aplicación

La definición del proceso comienza con la aplicación: deben conocerse los productos necesarios y las propiedades del material de alimentación. Las propiedades más importantes del material de alimentación que tienen efecto sobre la definición del proceso de trituración son la fracción de alimentación, el contenido de humedad, la densidad del material, la triturabilidad del material y la abrasividad del material.

Para la trituración primaria se puede seleccionar una trituradora del tipo de compresión o un impactor de eje horizontal. Las trituradoras de impactos ofrecen un buen rendimiento en aplicaciones con materiales de alta triturabilidad (> 40%), o sea, roca blanda y baja abrasividad (< 500 g/t) y las trituradoras de compresión ofrecen un rendimiento muy bueno en aplicaciones de roca dura y alta abrasividad. Estas últimas se pueden usar también en aplicaciones con roca de baja abrasividad, blanda y dura. Típicamente, a la fase secundaria se aplican las mismas reglas que a la primaria, siendo las trituradoras por compresión las que consiguen un rendimiento mejor en aplicaciones con alta abrasividad y baja triturabilidad.

En aplicaciones de trituración fina hay más posibilidades para la selección de la trituradora. Para alta triturabilidad, baja abrasividad, como por ejemplo piedra caliza, hay trituradoras roca

contra yunque VSI y HSI adecuadas para ese tipo de aplicación. Para satisfacer los requisitos de forma, las trituradoras VSI ofrecen un buen desempeño en todos tipos de aplicaciones a pesar de la alta abrasividad. El tamaño máximo de alimentación es el factor que limita el uso de las trituradoras VSI roca contra roca. Con respecto al tamaño máximo de alimentación las trituradoras de cono son flexibles, gracias a la disponibilidad de forros de varios tamaños.

Las trituradoras de cono ofrecen un rendimiento muy bueno con todos los tipos de roca. Los únicos factores que limitan su uso en la trituración de finos son los áridos finos y el contenido de humedad. Como regla general no se recomienda la alimentación de partículas de -5 mm a las trituradoras de cono, y el contenido de humedad máximo recomendado es del 3%.

### Índice de trituración

El índice de trituración es la reducción total desde la alimentación a los productos, y es un factor que determina el número de etapas de trituración requeridas. El tipo de roca también tiene influencia en el índice de reducción. Cuanto más dura la roca, más bajo será el índice de reducción en cada etapa de trituración, o sea, para triturar roca más dura serán necesarias más etapas de trituración que para roca más blanda. Los índices de reducción típicos (calculados entre 80-% punto pasante de alimentación y 80-% punto pasante de producto) para cada tipo de trituradora se presentan en la tabla:

Trituradora	Índice de reducción (F80/P80)
Trituradora giratoria primaria	6-8
Trituradora de mandíbulas	3-5
Trituradora de impactos de eje horizontal	5-8
Trituradora de cono secundaria	3-4
Trituradora de cono terciaria	2-3,5
Trituradora de impactos de eje vertical, roca contra roca	1,5-2
Trituradora de impactos de eje vertical, roca contra yunque	1,5-3

El índice de trituración también tiene influencia en la forma del producto. Puesto que el alto índice de reducción en trituradoras por compresión resulta principalmente de rotura tipo hendidura, o sea, rotura entre forros, no puede producir áridos con buena forma. La rotura por impactos muy intensos también arruina la forma de las partículas.

La atrición entre partículas es la llave para producir áridos cúbicos o incluso, esféricos. Sin embargo, el índice de reducción resultante de la atrición es muy bajo. Con trituradoras por compresión el índice de reducción, ajustado principalmente mediante la fragmentación de la alimentación y del reglaje del lado cerrado de la trituradora debe ser de 1,5-2,5 para lograr la mejor forma

posible del producto final. Las trituradoras de impactos de eje vertical utilizan principalmente la atrición para triturar el material, lo que significa que el índice de reducción es muy bajo, pero la forma de los áridos es excelente.

### Carga de las trituradoras en diferentes etapas de trituración

A menudo, la alimentación al proceso de trituración varía mucho, y es un factor muy importante que debe ser considerado durante el proyecto de un proceso de trituración. En la etapa primaria la alimentación a la trituradora varía entre material muy fino y bloques muy grandes, incluso en la misma cantera. Así, la capacidad de la etapa de trituración primaria no se mantiene constante. Para una operación de trituración exitosa y continua es importante tener las últimas trituradoras siempre llenas (véase capítulo Alimentación plena), lo que es posible desde que la variación externa causada por la fragmentación de la alimentación sea controlada. En la práctica el uso de pilas de acopio, cribas, silos, amortiguadores y automatización del proceso estandariza la alimentación a las trituradoras finales, lo que ofrece la oportunidad de producir áridos de calidad constante.

Como regla general, el circuito de trituración debe ser proyectado de manera que la etapa final de trituración se mantenga continuamente con una carga próxima al 100%. Para conseguirlo, la carga de la etapa secundaria debe mantenerse sobre el 80% y la de la primaria sobre el 70%. Eso proporciona a la etapa inicial del circuito de trituración alguna capacidad adicional para manejar las interrupciones causadas por la variación de la alimentación.

### Fracción de alimentación

Es esencial seleccionar la abertura de alimentación correcta de la trituradora según el tamaño de alimentación en cada etapa.

Eso permite una trituración continua y económica porque

- hay menos interrupciones por atascamiento de la abertura de alimentación
- la utilización de los forros es mejor en trituradoras por compresión
- la vida útil de las piezas de desgaste del rotor en trituradoras HSI y VSI es más larga

La fracción de alimentación a la trituradora tiene influencia en el rendimiento de la trituradora, fragmentación y forma del producto final.

### Alimentación plena

Como se ha dicho arriba, cuanto más próxima al 100% sea la carga en la última etapa del proceso de trituración, mejores serán los resultados. La tabla a continuación muestra las ventajas y los inconvenientes de un nivel de relleno de cavidad llena (alimentación plena) y de un nivel de relleno de cavidad medio llena (alimentación no plena) en trituradoras de cono.

Cuando la trituradora VSI roca contra roca se carga con capacidad plena la cámara de trituración está llena de material y la acumulación en la cámara se mantiene en buena forma, lo que permite una trituración consistente y económica.

### Nivel de relleno de la cavidad

	Medio llena	Llena
• Cantidad de producto mayor que c.s.s	▲	▼
• Potencia requerida/kW		▼
• Capacidad/tph		▼
• Potencia nominal requerida/kWh/t	▲	
• Forma de los áridos		▼
• Desgaste por consumo/g/t	▲	
• Carga del bastidor de la trituradora	▲	

▲ Incremento/mejor  
▼ Reducción/peor

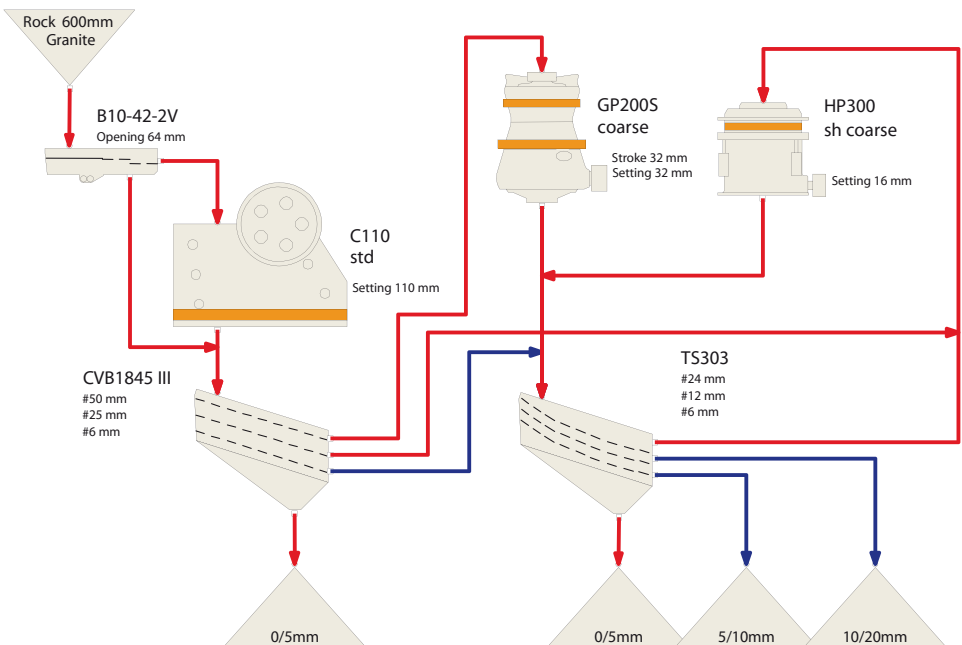




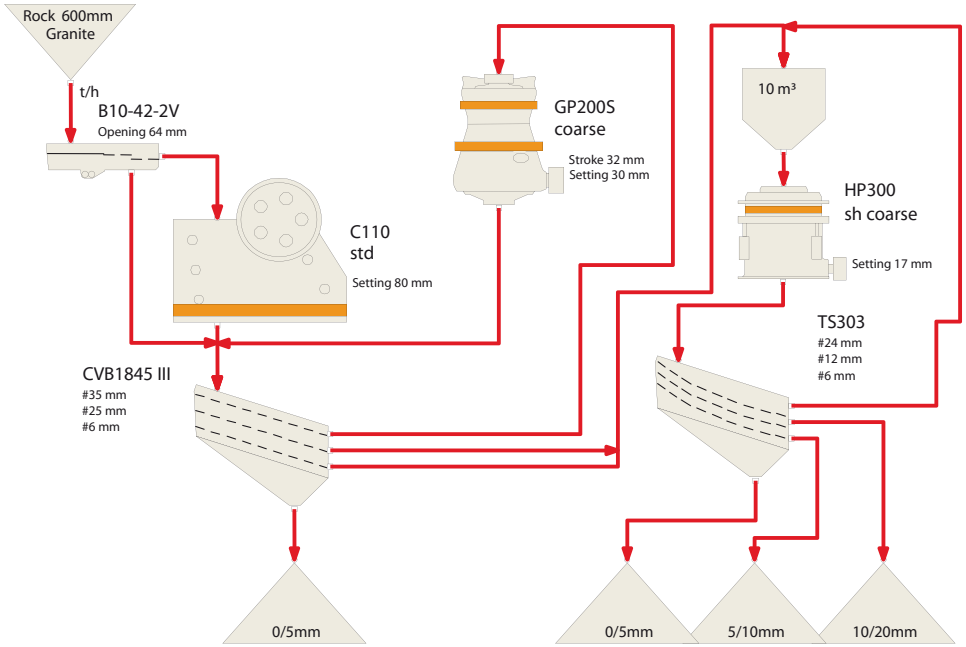
**Ejemplos de circuitos de trituración**

Los fundamentos de la definición del proceso anteriormente mencionados han sido mostrados en los siguientes circuitos de trituración. Cada circuito es un ejemplo y la utilización de los diagramas de flujo y las trituradoras deben ser consideradas por separado. La selección de la trituradora depende mucho de los requisitos locales de la aplicación.

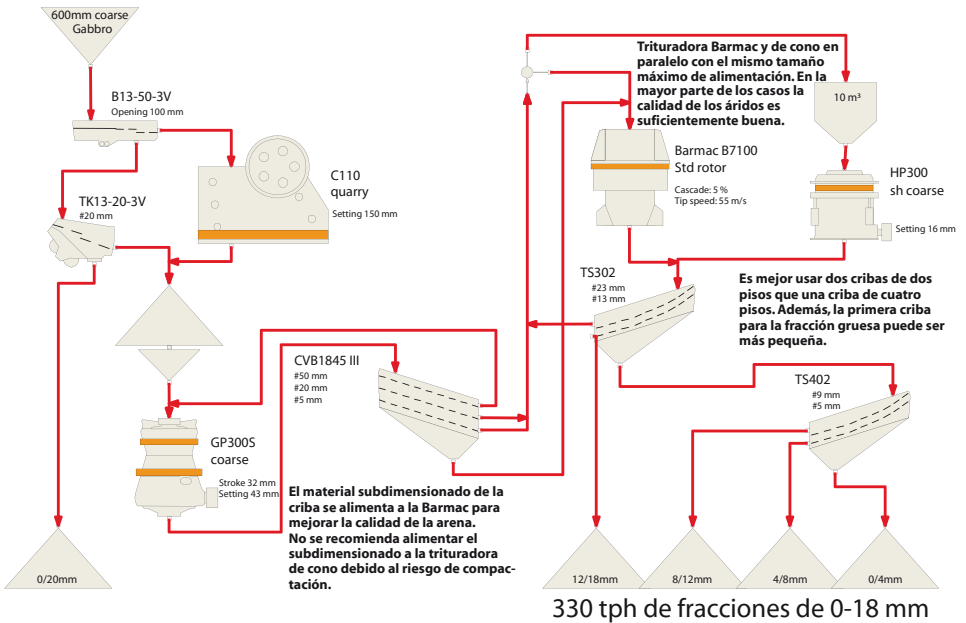
1. Planta de trituración en tres etapas, maximizando la capacidad. Todas las partículas - 20 mm cribadas directamente a los productos. Capacidad de 320 tph.



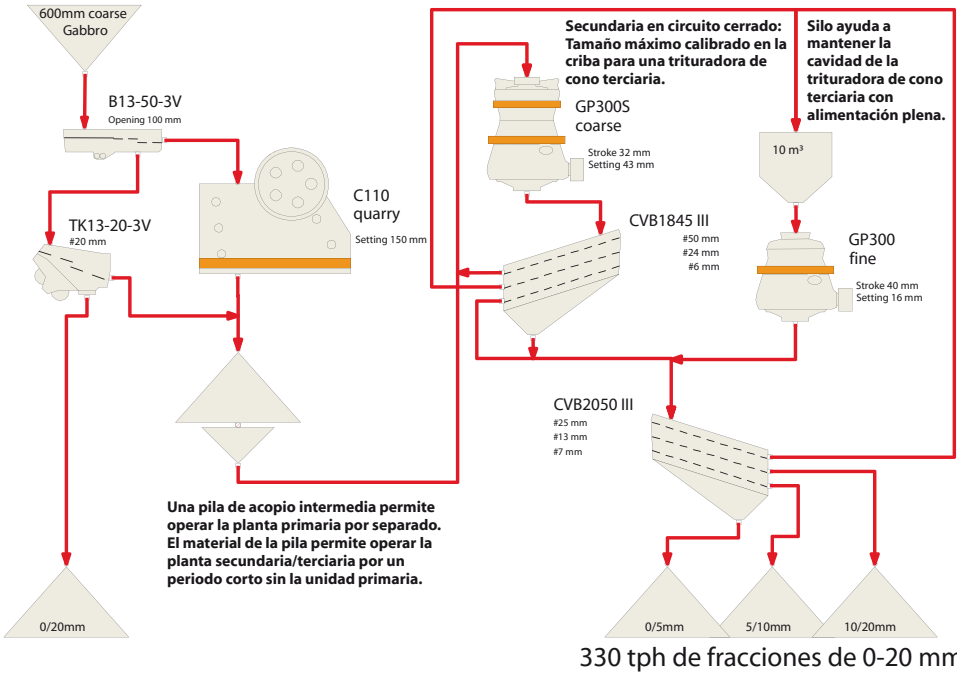
2. Planta de trituración en tres etapas, **maximizando la calidad**. Todos los productos producidos con trituradora terciaria de cono. Capacidad de 200 tph. Equipos de trituración iguales que en ejemplo de proceso 1.



3. Ejemplo de proceso produciendo áridos para hormigón – 330 tph

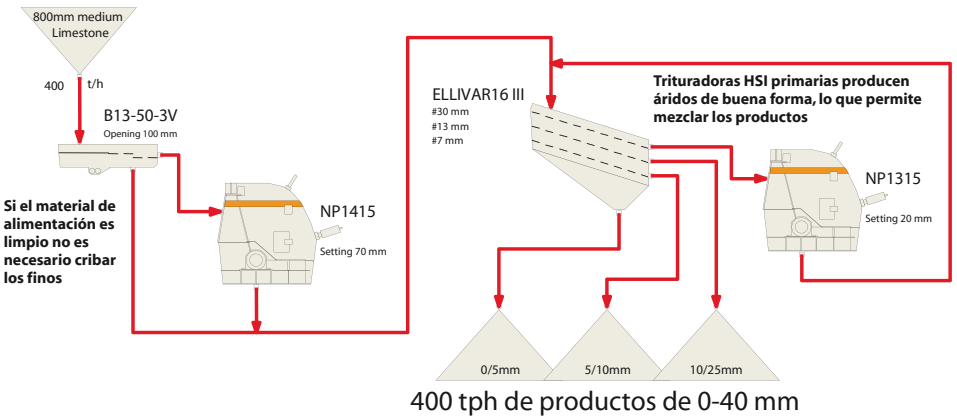


4. Ejemplo de proceso produciendo áridos para asfalto – 330 tph

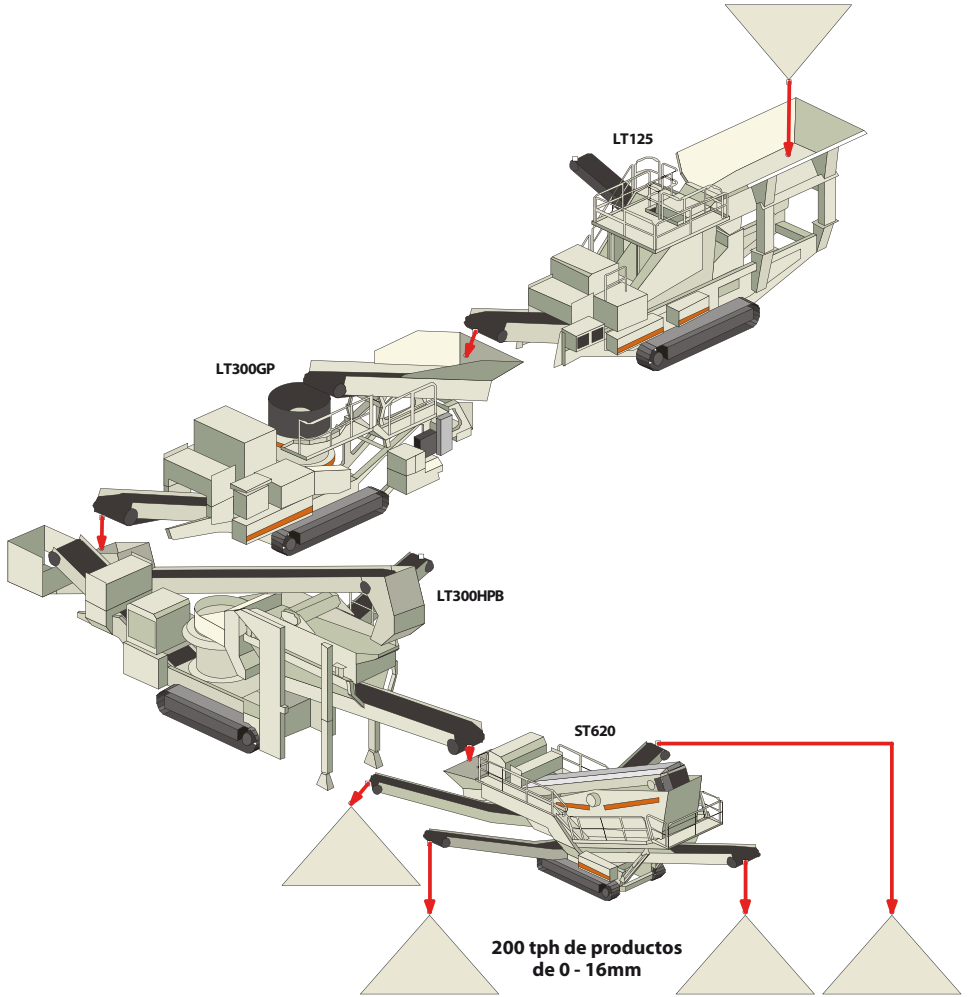


Planificación de procesos

5. Aridos para construcción en general – Aplicaciones de piedra caliza – 400 tph



## 6. Aridos para construcción en general – Aplicación móvil – 200 tph



## Ejemplo del efecto de la optimización del proceso

El ejemplo a continuación ilustra la importancia de la optimización del proceso.

En una planta de tres etapas se necesita la producción máxima de una fracción de 0-16 mm sin requisitos específicos de calidad. El proceso sería como sigue.

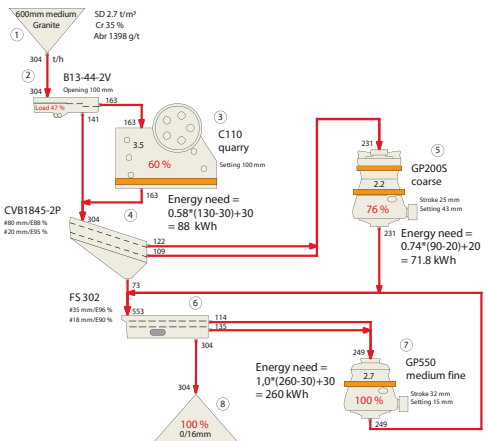
La producción de un producto de 0-16 mm puede variar entre 220 y 300 t/h dependiendo de los parámetros de operación de las trituradoras y cribas en el proceso. La capacidad más baja se obtiene con reglajes grandes en las trituradoras de manera que hay grandes cantidades de circulación en la etapa terciaria. La capacidad más alta se consigue con reglajes más apretados en las trituradoras de manera a reducir la circulación, optimizar el cribado y mantener el reglaje correspondiente al máximo rendimiento para la fracción de 0-16 mm.

Las consecuencias económicas son bastante dramáticas como se puede ver en la tabla a continuación, donde el Caso 1 es el peor y el Caso 5 es el mejor.

Con una "inversión" del 10% la mejora de los ingresos por ventas puede ser hasta el 30% mejor. Así, resulta evidente que la optimización

del proceso es verdaderamente beneficiosa. Las cuestiones fundamentales son

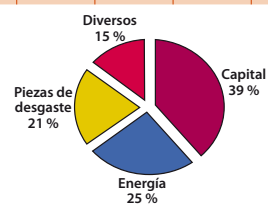
- opere los equipos constantemente dentro de los parámetros óptimos. En el logro de ese objetivo los sistemas modernos de automatización pueden dar una importante contribución.
- mantenga la disponibilidad de planta a un nivel alto. Elimine todos los tipos de perturbaciones en el proceso (tales como bloques sobredimensionados de roca alimentados a las trituradoras) basándose en una adecuada planificación y gestión del proceso, así como en el mantenimiento preventivo.



Planificación de procesos

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	
<b>Ingresos</b>	Producción 0-16 (t/h)	227	257	265	271	293
	Precio de venta de los áridos (euro/t)	4	4	4	4	4
	Producción anual, 1.600h (t)	363.200	411.200	424.000	433.600	468.800
	Valor anual relativo de las ventas (Millones de euros)	1,4528	1,6448	1,696	1,7344	1,8752
	<b>Diferencia con el caso 1</b>	<b>0</b>	<b>13%</b>	<b>17%</b>	<b>19%</b>	<b>29%</b>
<b>Gastos</b>	Depreciación e intereses 1)	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
	Consumo total de potencia de las trituradoras (kW) 2)	279	362	382	378	389
	Consumo anual de energía 1.600h (kWh)	446.400	579.200	611.200	604.800	622.400
	Consumo anual de energía, 0,15 euro/kWh (euro)	66.960	86.880	91.680	90.720	93.360
	Piezas de desgaste anuales (euro) 3)	56.246	72.979	77.011	76.205	78.422
	Diversos 4)	114.000	114.000	114.000	114.000	114.000
	Costes anuales relativos totales, (perforación y acarreo no incluidos)	537.206	573.859	582.691	580.925	585.782
	<b>Diferencia con el caso 1</b>	<b>0</b>	<b>7%</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>9%</b>

- 1) Inversión de 1,5 millones de euros. Interés 5%, depreciación 6 años
- 2) Calculado a partir del índice de reducción. Roca medio dura.
- 3) 84% de los costes de energía llevados en cuenta para el gráfico ->
- 4) 38% del coste de depreciación llevado en cuenta para el gráfico ->

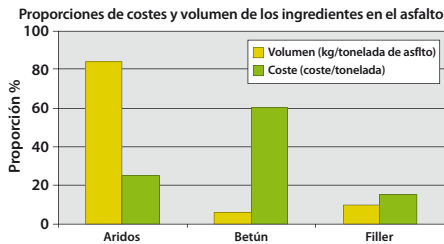


### Algunas informaciones relativas a la aplicación

Hay cuestiones que deben ser tenidas en cuenta en relación con a dos aplicaciones principales en las cuales se utilizan la mayor parte de los áridos: carreteras y construcción. Esas cuestiones llave se resumen a continuación.

#### Construcción de carreteras

Combinando los costes con el consumo de áridos en la capa de superficie se obtiene el siguiente gráfico, en el cual se demuestra que el coste de betún determina el coste de la capa de superficie. Así, si el uso de áridos de alta calidad puede alargar la vida de una carretera, ello representa una inversión con reembolso garantizado.



#### Importancia de los áridos:

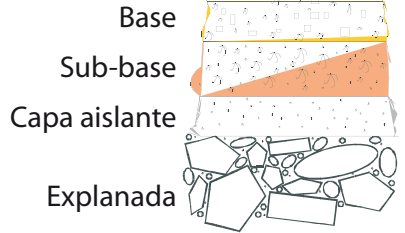
- aumenta la resistencia al desgaste (y ahorra coste de mantenimiento)
- mejora la trabajabilidad
- fricción interna para resistir a cargas en la superficie

#### Requisitos relativos a los áridos:

- forma angular, pero no laxosa o alargada
- granulometría constante
- alto índice de huecos en el material a granel

Dependiendo del área geográfica, puede haber varias capas en la construcción de una carretera.

#### Capa de rodadura

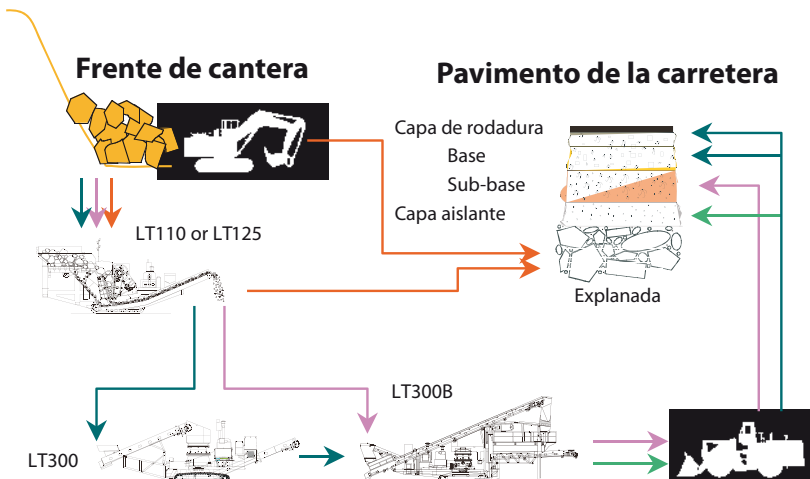


Consumo típico de árido en una autría de 10 m de anchura

Capa	Espesor [mm]	Peso [t/km]
Capa de rodadura	20 – 200	320 – 3.200
Base	100 – 250	1.600 – 4.000
Sub-base	300	4.800
Capa aislante	150 – 300	2.400 – 4.800
Explanada	– 1.000	16.000

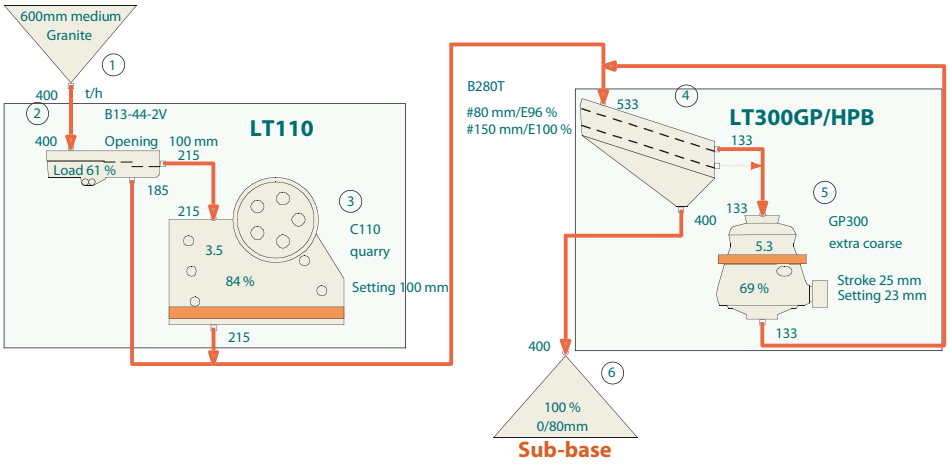
La capa en cuestión y las características de la roca tienen una gran influencia en el proceso usado. La figura a continuación da una indicación de cuántas etapas de trituración son necesarias para las diferentes capas.

Una sub-base puede producirse con una sola planta de dos etapas, mientras que las capas más cercanas de la superficie requieren por lo menos dos y, en algunos casos, cuatro etapas para producir fracciones de alta calidad.

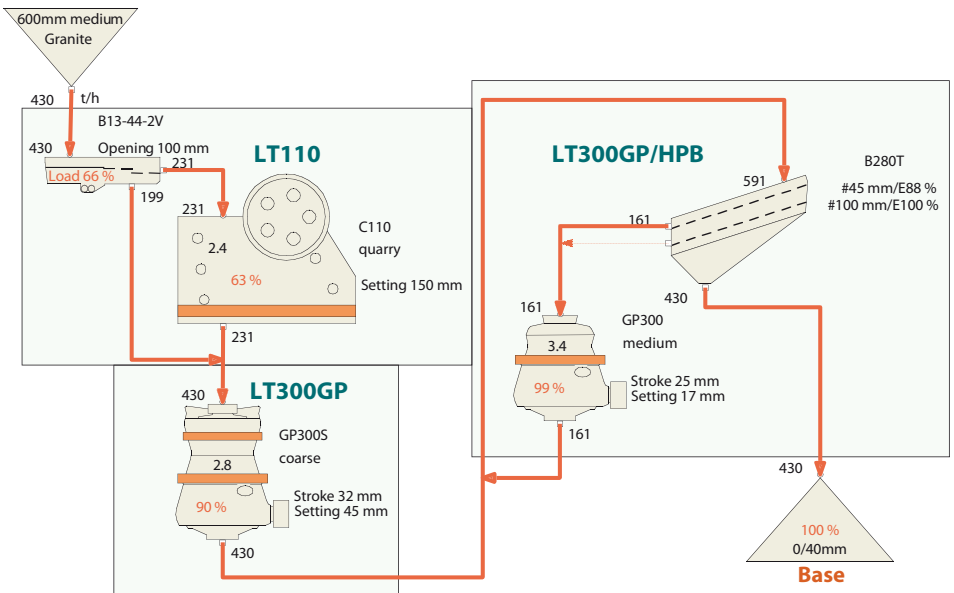


Como modelo de procesos móviles, estas capas pueden ser presentadas como se muestra en los fluxogramas a continuación.

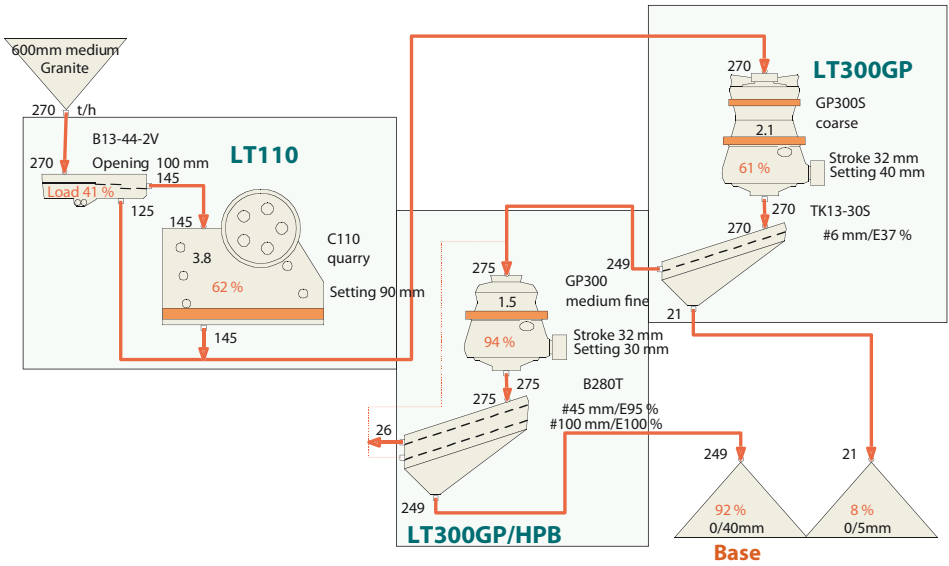
## Capa de sub-base:



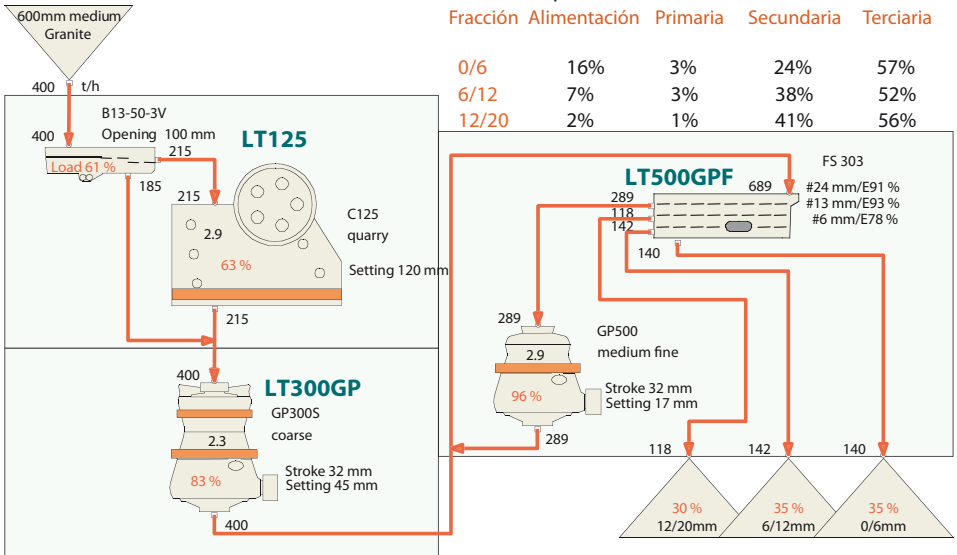
## Capa de base (material fácil):



Capa de base (material difícil):

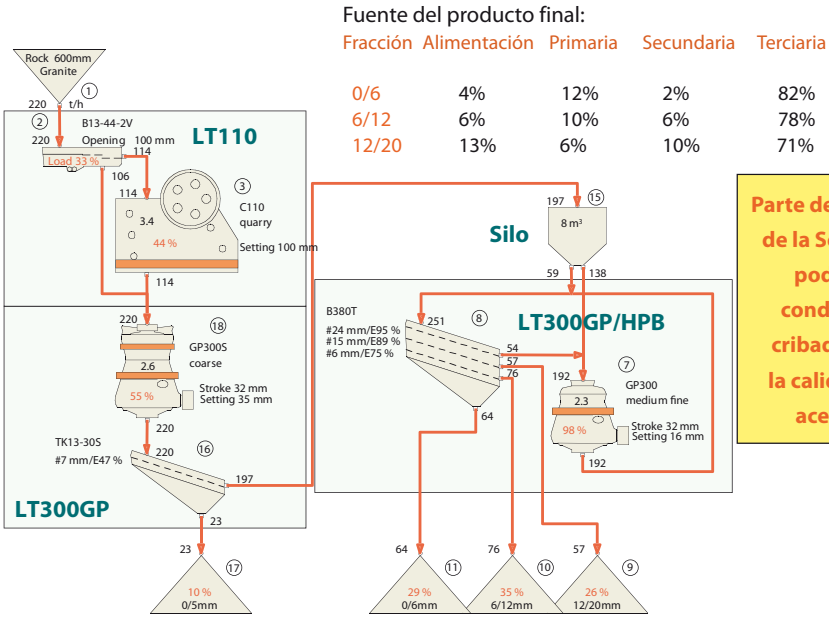


Capa de asfalto (material fácil)



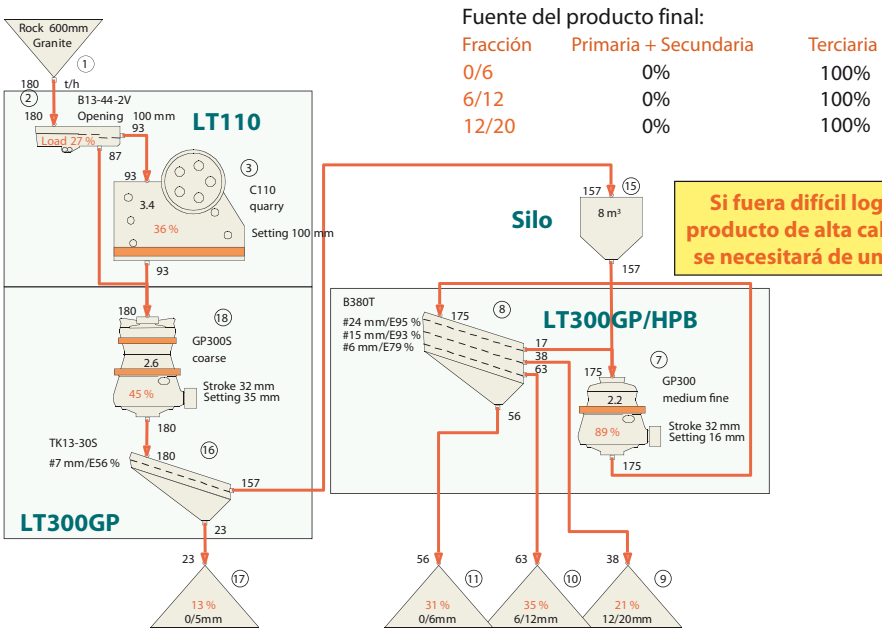


## Capa de asfalto (material de dificultad media)



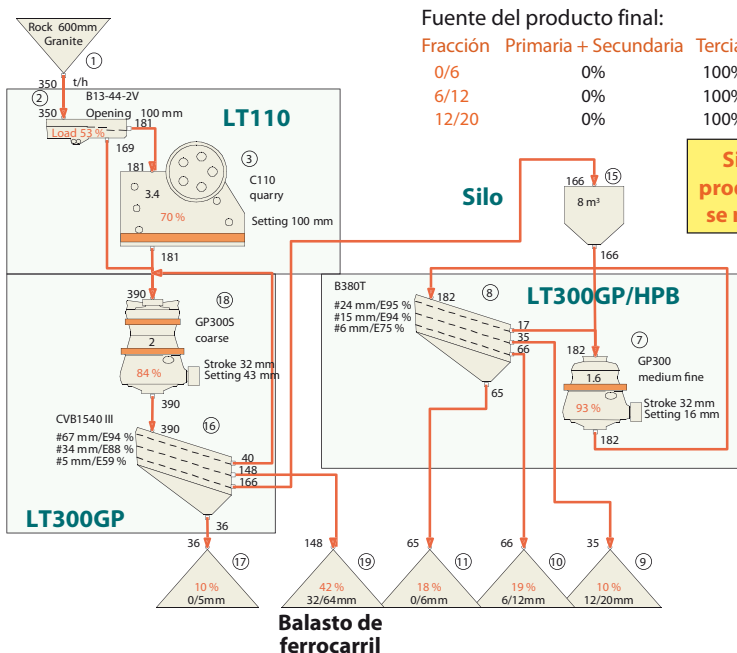
Parte del producto de la Secundaria podría ser conducido al cribado final si la calidad fuera aceptable

## Capa de asfalto (material difícil)



Si fuera difícil lograr producto de alta calidad, se necesitará de un silo.

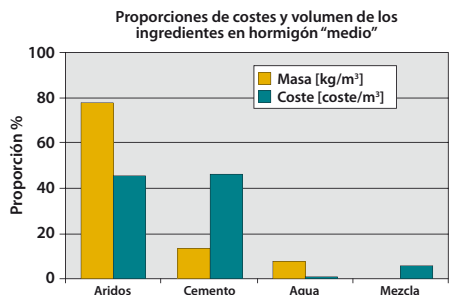
Capa de asfalto + balasto de ferrocarril (material difícil)



En los cuatro últimos diagramas de flujo se puede ver la proporción de material final proveniente de las diferentes trituradoras. En el caso más difícil el 100% del producto final pasa a través de todas las tres etapas de trituración.

### Construcción general, por ejemplo, edificaciones

Partiendo de la misma perspectiva, podemos examinar los áridos en aplicaciones de hormigón. Esto está mostrado en la Figura 3, la cual demuestra una situación muy similar a la del asfalto.



### Importancia de los áridos

- reduce en contenido de cemento (=> reducción del precio)
- mejora la trabajabilidad, y así
- incrementa la resistencia del hormigón endurecido

### Requisitos relativos a los áridos:

- forma esférica, cúbica ("cara lisa") de las partículas (no lajosa o alargada)
- granulometría uniforme
- baja superficie específica de partículas de arena y
- bajo contenido de huecos en 0/4
- contenido controlado de microfinos: arcilla y otros microfinos orgánicos son perniciosos en el hormigón



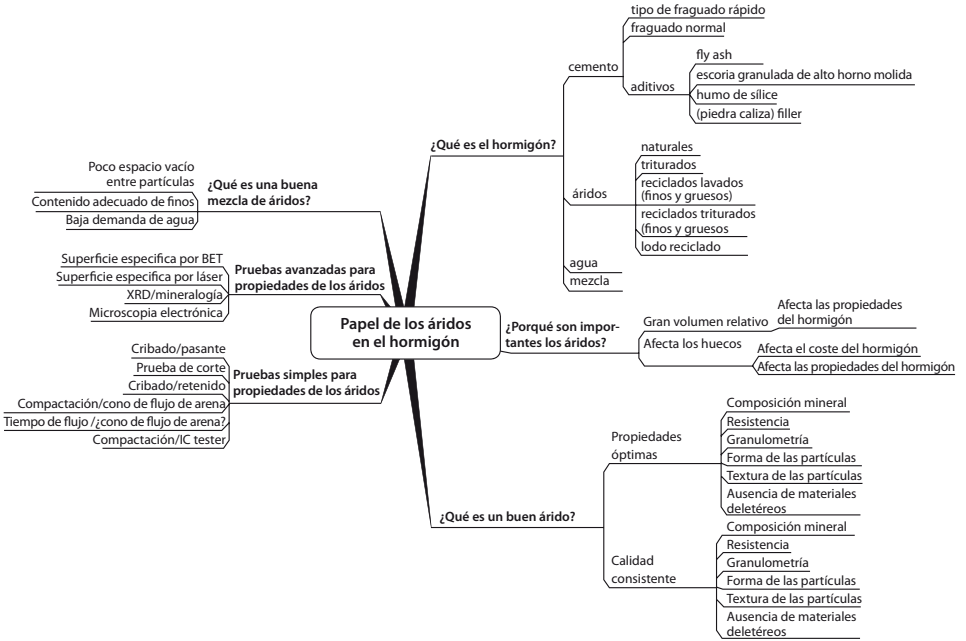
Fotografía de un flujo deficiente de cemento

Los hormigones de clases de resistencia distintas tienen algunos requisitos, los cuales se presentan resumidamente en la Tabla 1.

La fotografía arriba muestra un ejemplo de como un flujo deficiente de cemento arruina una superficie. Esto puede ser evitado mejorando la calidad de los áridos en base a la correcta relación agua/cemento (W/C).

## El papel de los agregados en el hormigón

Fuente: Consolis 2005



+ = impacto sobre los criterios o su importancia aumenta

Cuestiones	Clase de resistencia del hormigón					
	<30 Mpa / Productos típicos			30-50 Mpa / Productos típicos		>30 Mpa / Productos típicos
	Hormigón preparado	Bloques de hormigón ligero	Morteros	Elementos de hormigón	Hormigón autocompactante - SCC	Losas de hormigón pretensado
Volumen de mercado estimado (m³) %	50			30		20
Coste relativo del producto final	100	120	150	150		>200
Cantidad de cemento kg/m³	250	250	250	300	300	350-450
Relación agua-cemento W/C	0,7	0,7	0,7	0,5-0,6		0,4-0,45
Importancia relativa del coste de los áridos	+++	+++	++	+	+	+
Aditivos usados	+	0	0	++	++	+++
Fraciones típicas de áridos	0-32 mm	0-32 mm	0-4 mm	0-16 mm	0-16 mm	0-16 mm
Cantidad de finos <0,075 en agregados finos (0-4 mm)	0-15% dependiendo del estándar	0-15% dependiendo del estándar	10-20%	0-10% dependiendo del estándar	Alta (> 10%)	0-5%
Importancia de la forma de los áridos >4mm	++	++	n/a	++	+++	+++
Importancia de la forma de los áridos <4mm	+	+	+++	++	+++	+++
Importancia de la textura de la superficie de los áridos	+	+	+	+++	+++	+++
Composición mineral	+	+	++	++	++	+++
Consistencia de los áridos	+	+	++	++	++	+++
Especificaciones típicas	ASTM, EN, etc	ASTM, EN, etc	ASTM, EN, etc	ASTM, EN, etc		Propias del fabricante
Complejidad del proceso de producción	+	++	+	+++	+++	+++
Lavado del polvo en el proceso de áridos gruesos	Menos común	Menos común	Menos común	Más común		Más común
Necesidad de tratamiento de la arena	+	+	+	++	++	++

Tabla 1

## Solución de Metso para arena

Globalmente, el acceso a arena natural es cada vez más difícil y caro. Para compensar el déficit, Metso Minerals ha desarrollado una solución exhaustiva para satisfacer todos los requisitos de producción de arena se sus clientes. Hemos aplicado nuestra pericia global para proveer soluciones de clase mundial para la producción de arena manufacturada que asegurarán el incremento del potencial de ventas de nuestros clientes.

### Selección del circuito

Para asegurar la mejor calidad de la arena manufacturada todo el material de alimentación debe pasar a través de la trituradora por lo menos una vez, como se muestra en la figura a continuación. La selección de la trituradora se detalla en la tabla. La selección del circuito preferido es un circuito cerrado sobre criba. El material sobredimensionado vuelve a la trituradora para mayor reducción.

#### Selección del circuito

La gama de cribas TS de movimiento elíptico es la preferida debido a su alta eficiencia en la producción de material y separación exacta.

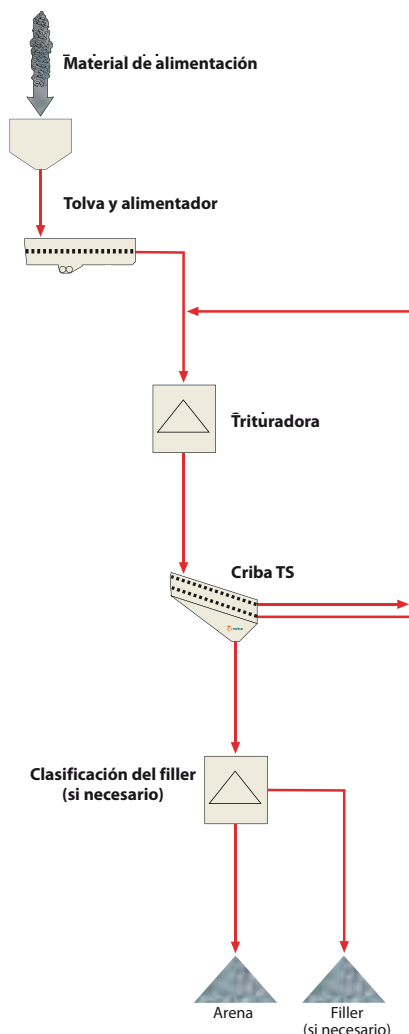
Típicamente, la arena manufacturada presenta un alto contenido de finos, entre 0-0,25 mm, comparada con la especificación de calidad para hormigón ampliamente aplicada en la industria.

Esto queda fuera del rango práctico de operación de la mayor parte de las cribas vibratorias, por lo que el método tradicional para quitar estos finos ha sido la utilización de equipos de proceso en húmedo tales como separadores de arena o hidrociclones.

La gama de clasificadores a aire Nordberg Serie AC usa aire en lugar de agua para extraer el exceso de finos de la arena manufacturada. Las ventajas son principalmente:

No hay necesidad de agua, y como tal no hay necesidad de recuperación o tratamiento de aguas residuales que normalmente son procedimientos caros.

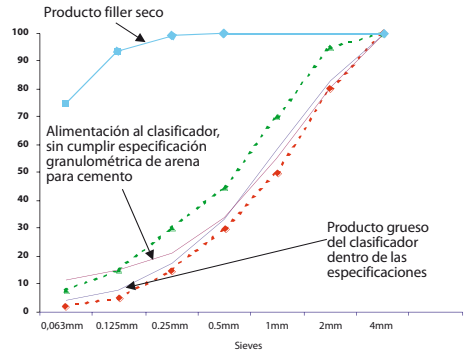
Los productos finales secos significan un potencial de ahorro en los costes de producción ya que hay una reducción de la necesidad de secado por ejemplo, en la producción de asfalto.



Principio operacional del AC27/AC30  
Clasificador gravitacional de inercia.



Dos AC27 trabajando en paralelo con una capacidad conjunta de 150 t/h.



Distribución típica del tamaño de partículas de la alimentación y productos usando un clasificador gravitacional de inercia a aire.

### Selección de la trituradora

La selección de la trituradora se basa en la abrasividad de la roca, fracción de alimentación al circuito y la naturaleza de la arena requerida. En una aplicación con una larga curva de alimentación (i. e. X-0mm) la trituración con trituradoras VSI es el método preferido. Con fracciones de alimentación más cortas (i. e. X-Y) se puede aplicar la trituración por compresión a alta velocidad. La Tabla 1 a continuación muestra el rango de parámetros para seleccionar la trituradora adecuada.

Los criterios clave en la selección de equipamientos de trituración profundamente relacionados con la aplicación final, tal como hormigón y asfalto, son:

- Calidad del producto
- Consistencia
- Rendimiento
- Costes de operación
- Generación de filler

Planificación de procesos

Aplicación: Hormigón / Mortero						
Requisito de arena:		Forma redondeada cúbica				
	Menos 5mm	Menos 12.5mm	Menos 25mm	Gravilla	12.5 -5mm	25 - 5mm
Roca blanda*	Barmac Serie B					
Roca media**						
Roca dura***						

Aplicación: Hormigón / Mortero						
Requisito de arena:		Forma redondeada cúbica				
	Menos 5mm	Menos 12.5mm	Menos 25mm	Gravilla	12.5 -5mm	25 - 5mm
Roca blanda*	Barmac Serie B			HP / GP / Barmac VI		
Roca media**				HP / GP / Barmac VI		
Roca dura***				HP / GP		

Aplicación: Asfalto						
Requisito de arena:		Forma redondeada cúbica				
	Menos 5mm	Menos 12.5mm	Menos 25mm	Gravilla	12.5 -5mm	25 - 5mm
Roca blanda*	Barmac Serie B	Barmac VI	Barmac VI	HP / GP / Barmac VI		
Roca media**		Barmac Serie B			HP / GP	
Roca dura***					HP / GP	

Para pulgadas divide por 25,4

Notas:

\* Abrasividad <500 g/t

\*\* Abrasividad 500 –1.000 g/t

\*\*\* Abrasividad >1.000 g/t

Barmac Serie B: configuración roca contra roca

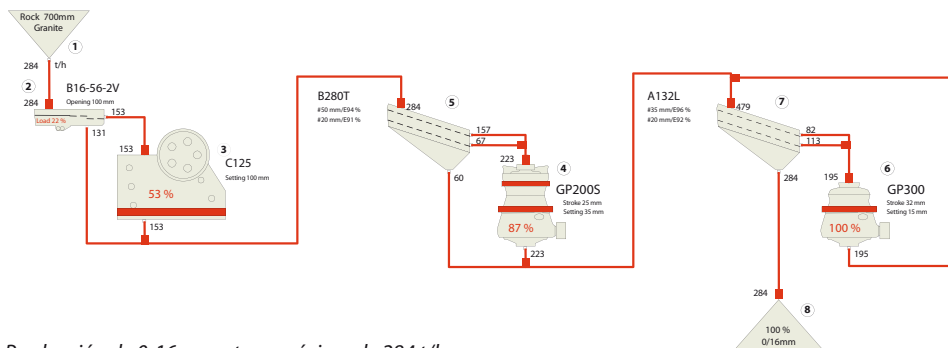
Barmac VI: configuración zapata y yunque

HP / GP: Trituradoras Metso, de cono, de alto rendimiento

Gravilla (Pea Gravel): consiste en pequeñas piedras lisas, redondeadas. Típicamente 3-12,5 mm de tamaño.

## Ejemplo de la influencia del proceso en la calidad del producto final

Consideremos algunos ejemplos, examinando la proporción del producto final, 0-16mm, producido en las distintas etapas del proceso. La figura a continuación muestra las proporciones.



Producción de 0-16mm a tasa máxima de 284 t/h

Examinando con más atención la producción de 0-16mm, se puede crear la Tabla 2:

Origen del producto final					
	Alimentación	C125	GP200S	GP300	Producto
<b>0-4 (t/h)</b>	14,1	5,6	16,1	56,9	92,7
<b>4-16 (t/h)</b>	22,1	14,0	38,3	97,6	172,0
<b>0-4 (%)</b>	15,2	6,0	17,4	61,4	100,0
<b>4-16 (%)</b>	12,8	8,1	22,3	56,7	100,0

Para t<sub>cph</sub> multiplique por 1,1

Índice de lajas del producto					
	Alimentación	C125	GP200S	GP300	Producto
<b>Origen de la fracción 4-16 (%)</b>	12,8	8,1	22,3	56,7	100,0
<b>Cantidad de la fracción 4-16 (t/h)</b>	22,1	14,0	38,3	97,6	172,0
<b>Índice de lajas estimado de la fracción 4-16</b>	50 %	50 %	35 %	20 %	
<b>Cantidad de partículas lajosas (t/h)</b>	11,1	7,0	13,4	19,5	51,0
<b>Índice de lajas del producto</b>					<b>29,6 %</b>

Tabla 2: Origen del producto final y su índice de lajas

Estas tablas muestran que una importante parte del producto final, 4-16mm, se produce en otras etapas que la terciaria. Unos 20% del producto final tienen su origen en la alimentación o en la

trituration primaria, lo que explica el índice de lajas del producto final, puesto que el producto primario lajoso estropea los áridos de calidad más alta provenientes de la etapa terciaria.

Por otro lado, se podría conducir el proceso de otra manera, como se muestra en la figura a continuación.

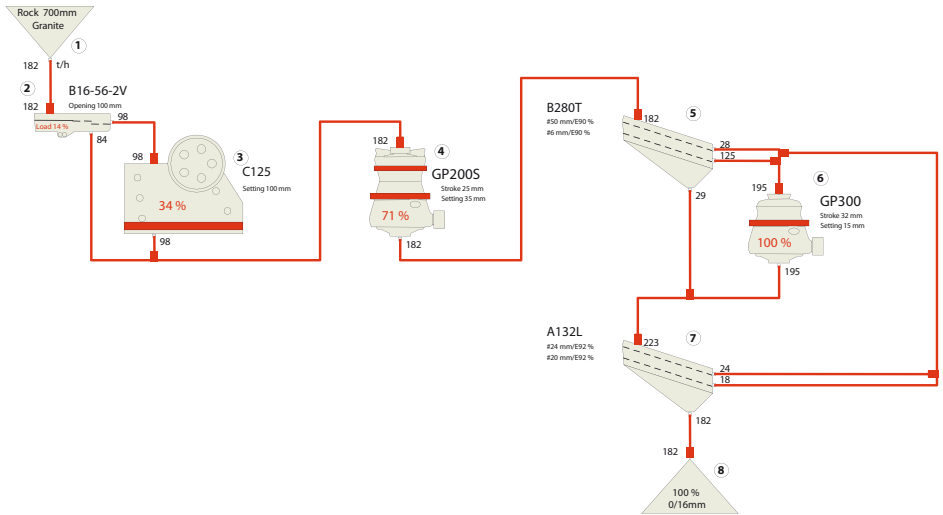


Figura 6: Producción de 0-16mm a una tasa máxima de 182 t/h

El tonelaje de 0-16mm es de 100 t/h menor que en el ejemplo anterior, pero la calidad es considerablemente mejor. Como se puede ver en la Tabla 3, la razón está en el hecho de que el 98% del producto 4-16mm tiene su origen en el cono terciario, mientras que se impide que la fracción

4-16mm de la alimentación y de las trituradoras primarias se mezcle con el producto final. Este producto es retriturado para mejorar su forma y como la retrituración usa la capacidad, el tonelaje total resulta reducido en 100 t/h.

Planificación de procesos

Origen del producto final					
	Alimentación	C125	GP200S	GP300	Producto
0-4 (t/h)	0,0	0,0	23,0	56,6	79,6
4-16 (t/h)	0,0	0,0	5,6	92,6	98,2
0-4 (%)	0,0	0,0	28,9	71,1	100,0
4-16 (%)	0,0	0,0	5,7	94,3	100,0

Para tcph multiplique por 1,1

Indice de lajas del producto					
	Alimentación	C125	GP200S	GP300	Producto
Origen de la fracción 4-16 (%)	0,0	0,0	5,7	94,3	100,0
Cantidad de la fracción 4-16 (t/h)	0,0	0,0	5,6	92,6	98,2
Indice de lajas estimado de la fracción 4-16	50 %	50 %	30 %	14 %	
Cantidad de partículas lajosas (t/h)	0,0	0,0	1,7	13,0	14,6
Indice de lajas del producto					14,9 %

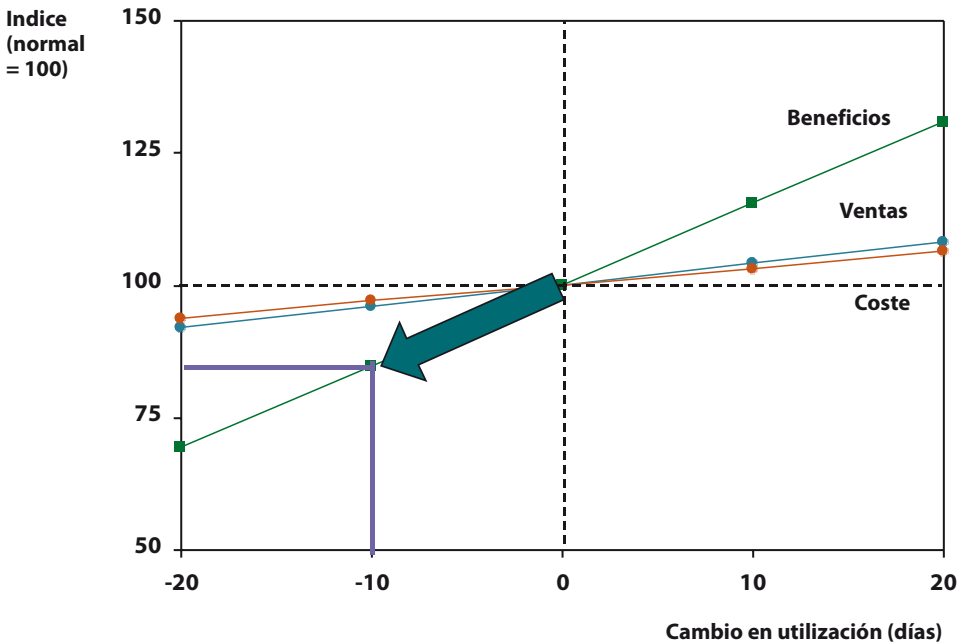
Tabla 3: Origen del producto final y su índice de lajas

**Conclusiones sobre la optimización del proceso y la influencia en el producto final**

Estos pocos ejemplos simplificados indican claramente dos conclusiones:

- El diagrama de flujos y el lay-out deben ser correctos para producir las cantidades de áridos correctas y cumplir con las especificaciones. Todo debe estar correcto desde el principio, puesto que, aunque posibles, las modificaciones posteriores serán caras.

- La operación del proceso con los parámetros óptimos en los equipos puede hacer la diferencia respecto al éxito financiero. Para conseguirlo, es necesario monitorear y ajustar continuamente los equipos y el proceso. Además, la alta disponibilidad y las tasas de utilización son SUMAMENTE importantes, de lo contrario el proceso se volverá inviable dentro de pocos días. La figura a continuación presenta una ilustración simplificada de este proceso, en base a una inversión de 4, 5 millones de euros.



*Impacto de la utilización en los beneficios*

Los cambios en la utilización tienen un fuerte impacto en los beneficios, pudiendo significar que una parada de diez días puede anular los beneficios de un año.



## Influencia en los costes & ingresos de una planta de trituración

El diagrama de flujos a continuación representa una planta móvil típica capaz de producir varias fracciones, dependiendo de las aberturas de la criba. Las fracciones producidas por esta planta son las siguientes:

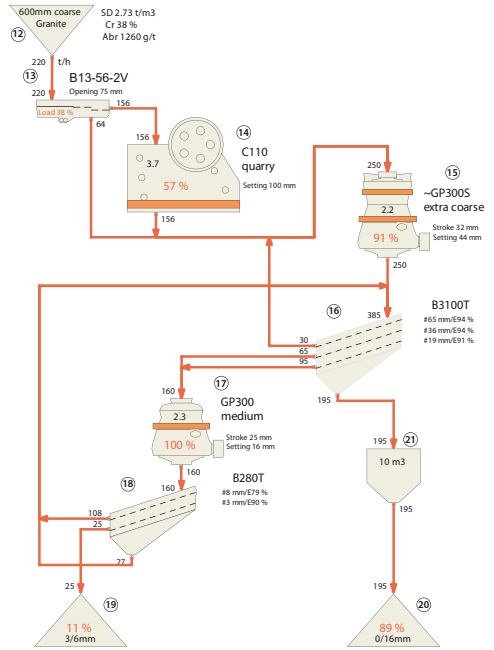
- 0-12 mm y 8-16 mm
- 3-6 mm y 0-16 mm
- 3-6 mm y 0-31 mm
- 8-16 mm y 0-63 mm
- 8-16 mm y 0-90 mm

Las variables usadas en el análisis son las siguientes:

- tasa de utilización o disponibilidad de la planta
- coste de energía
- abrasividad de la roca
- dureza de la roca

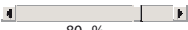
La producción de la planta fue de 110.000 toneladas con una tasa de utilización del 80% y la cantidades de producción de las varias fracciones fueron constantes.

Como base para la configuración de la planta, la economía de la configuración fue la siguiente:



### SIMULACION

Utilización de la planta



Abrasividad de la roca



Precio de la energía



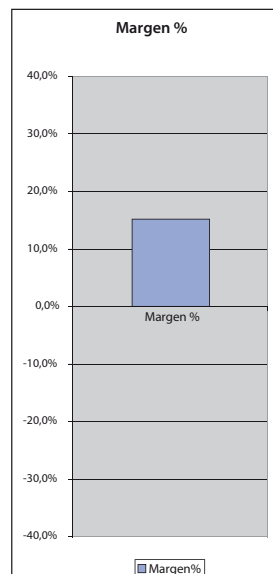
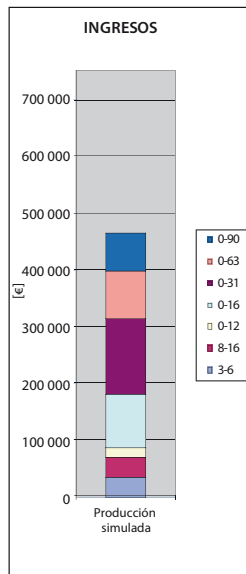
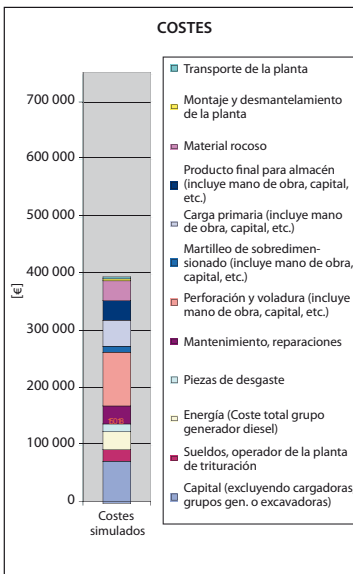
Triturabilidad de la roca



PRODUCTO

PRECIO (e/t)

3-6	10
8-16	5
0-12	4,4
0-16	4
0-31	4
0-63	4
0-90	4



En las figuras a continuación, se hicieron los siguientes cambios:

- Tasa de utilización del 80% -> 65%
- Consumo de energía + 50%

- Abrasividad de la roca + 50% (desde abrasividad media a alta)
- Dureza de la roca desde media a dura

### SIMULACION

Utilización de la planta

65 %

Abrasividad de la roca

1300 g/t

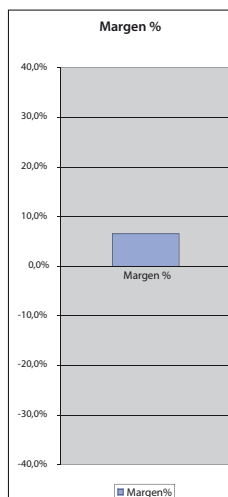
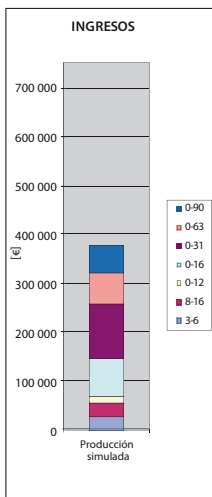
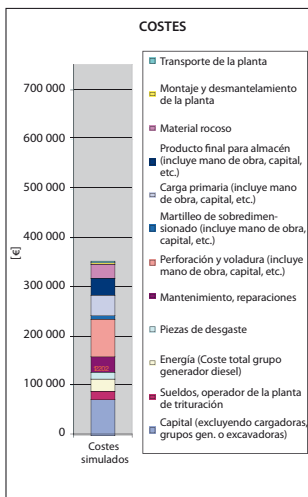
Precio de la energía

17 ct/kWh

Triturabilidad de la roca

37 %

PRODUCTO	PRECIO (e/t)
3-6	10
8-16	5
0-12	4,4
0-16	4
0-31	4
0-63	4
0-90	4



Tasa de utilización del 80% -> 65%

### SIMULACION

Utilización de la planta

80 %

Abrasividad de la roca

1300 g/t

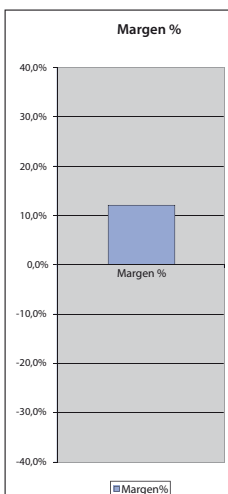
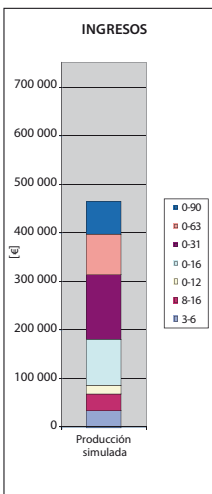
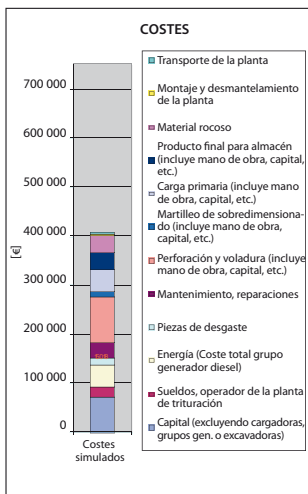
Precio de la energía

25 ct/kWh

Triturabilidad de la roca

37 %

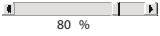
PRODUCTO	PRECIO (e/t)
3-6	10
8-16	5
0-12	4,4
0-16	4
0-31	4
0-63	4
0-90	4



Consumo de energía + 50%

## SIMULACION

Utilización de la planta



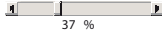
Abrasividad de la roca



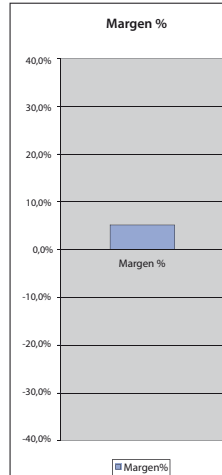
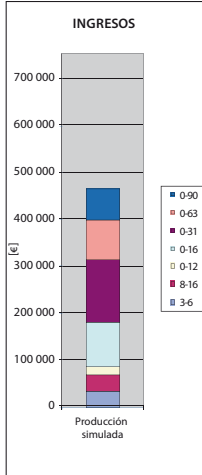
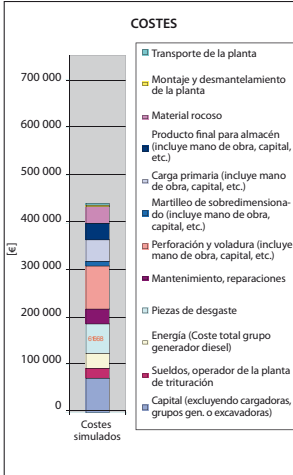
Precio de la energía



Triturabilidad de la roca



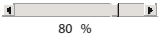
PRODUCTO	PRECIO (e/t)
3-6	10
8-16	5
0-12	4,4
0-16	4
0-31	4
0-63	4
0-90	4



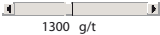
Abrasividad de la roca + 50% (desde abrasividad media a alta)

## SIMULACION

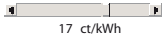
Utilización de la planta



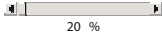
Abrasividad de la roca



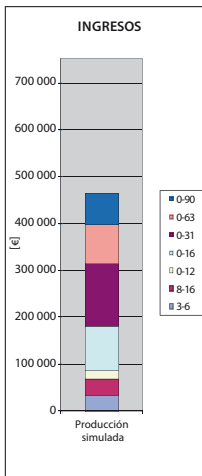
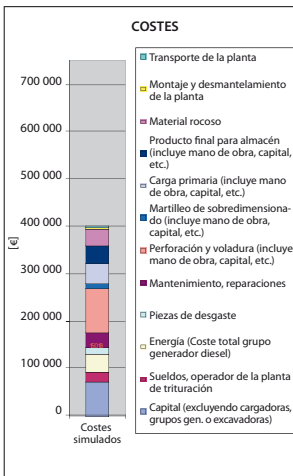
Precio de la energía



Triturabilidad de la roca



PRODUCTO	PRECIO (e/t)
3-6	10
8-16	5
0-12	4,4
0-16	4
0-31	4
0-63	4
0-90	4



Dureza de la roca entre media y dura

En conclusión, dos factores principales determinan la rentabilidad con una determinada repartición de la producción y de los precios de venta entre las distintas fracciones. Estos factores son la tasa de utilización/disponibilidad de la planta y los costes de las piezas de desgaste. Estos factores son determinantes en la planificación de los

cambios de las piezas de desgaste de manera a prolongar la utilización de las piezas, minimizando los periodos de inactividad de la planta. Una reducción de la tasa de utilización de la planta puede ser fatal para la rentabilidad anual. Naturalmente, esto varía según la composición de la planta y la estructura de los costes.

## Programa de simulación de procesos de trituración Bruno

El objetivo básico de la planificación del proceso de trituración es posibilitar la definición de un proceso capaz de satisfacer los requisitos de calidad y cantidad del producto final de una forma fiable y económica. El aumento de la movilidad de los equipos de trituración plantea nuevos requisitos. Se exige que las máquinas inicialmente optimizadas para ciertos procesos también se adapten a otras aplicaciones con rendimientos aceptables.

El programa Bruno es una herramienta fácil de usar, concebida para la planificación y simulación de procesos de trituración. Con el Bruno, se pueden estudiar rápidamente varias combinaciones de máquinas para ciertas aplicaciones o determinar si los equipos existentes están aptos para otras aplicaciones.

### El modelo de cálculo

La capacidad fundamental del programa Bruno es el modelación fiable de una máquina. El programa se basa en una extensa cantidad de datos obtenidos de pruebas realizadas con todos los tipos de trituradoras en varias aplicaciones. Las pruebas revelaron el proceso de transformar el material alimentado en productos. El resultado del proceso se llama rendimiento de la máquina.

Hay dos principios conductores en la modelación del rendimiento de una máquina con el programa Bruno:

- 1.El rendimiento depende del mismo reglaje y ajustes que en la vida real.
- 2.Las variables relacionadas con el rendimiento están todas interconectadas.

En el Bruno hay dos conjuntos de parámetros de entrada (Figura 1), o sea, los parámetros de la máquina y los parámetros del proceso. En la vida real algunos de ellos se pueden controlar, los demás dependen del sitio de trituración, aplicación, etc. Sin embargo, los parámetros, juntos, determinan el rendimiento de la trituradora, el cual se describe mediante la granulometría del producto, tasa de producción y consumo de energía.

Puesto que los parámetros están interconectados, el cambio de uno afecta todas las tres cifras clave del rendimiento. Obviamente, cada parámetro de entrada tiene un impacto diferente en los resultados, pero no hay un parámetro que cambiara solo una de las cifras clave.

En la Figura 2 el único cambio es en la triturabilidad del material de alimentación. Ese cambio reduce la tasa de producción en el 25%. Hace el producto más fino y el requisito de energía es el 45% más bajo.

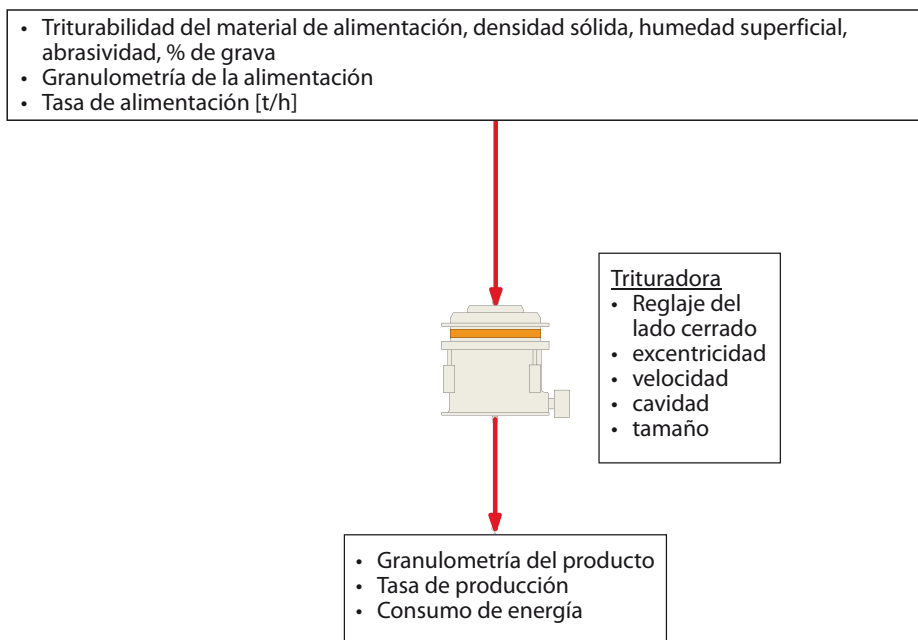


Figura 1. Entradas y salidas de un modelo de cálculo del rendimiento de una trituradora

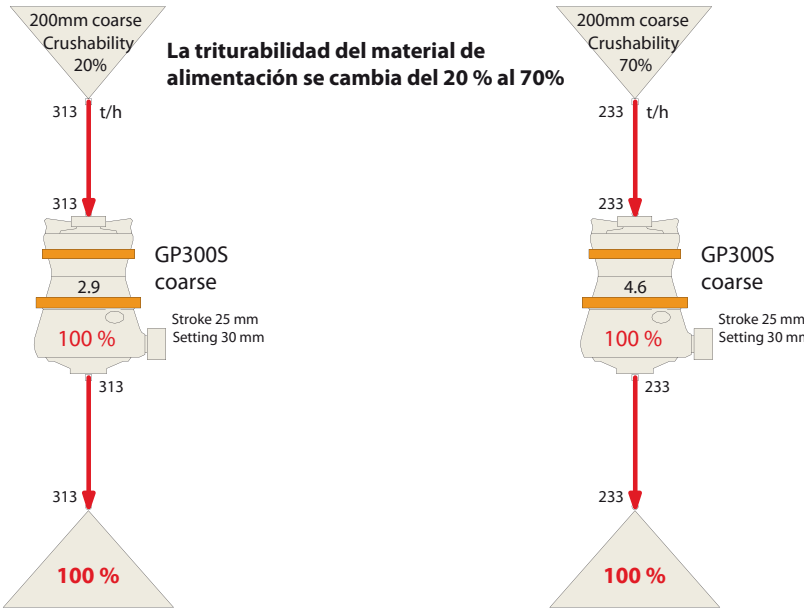


Figura 2. Cambio de la triturabilidad del material de alimentación

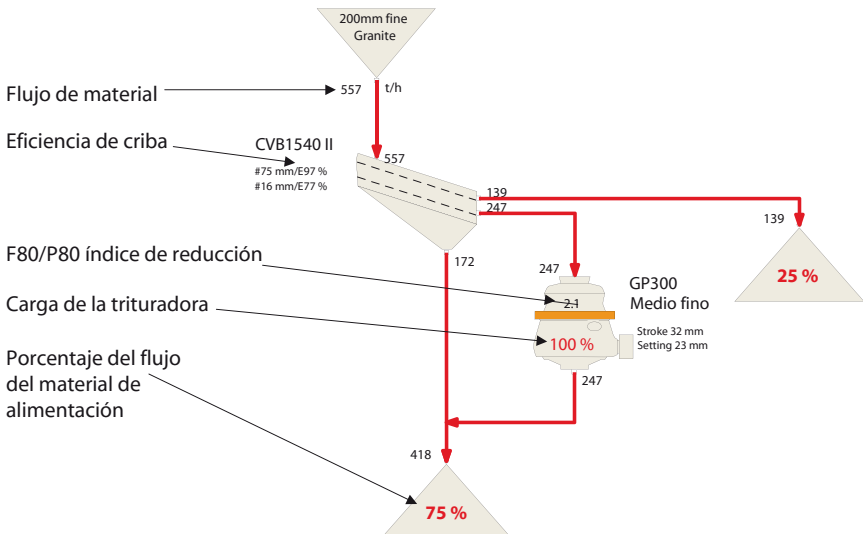
Cuando se compilan máquinas individuales formando una cadena de proceso, la importancia de resultados realistas será enfatizada. Los parámetros del proceso – los parámetros relacionados con la alimentación – vienen del proceso anterior. Si hay un error claro en algún resultado, el rendimiento del proceso será afectado.

### Simulación del proceso

En principio el Bruno puede tratar cualquier tipo de proceso que el utilizador pueda definir. El utilizador también puede usar el archivo de procesos para encontrar una configuración de

proceso aplicable a un determinado propósito. Bruno encuentra un balance de masas del proceso, calculando los siguientes resultados:

- Flujo de materiales para cada conexión entre máquinas del proceso
- Carga para cada criba y trituradora del proceso
- Distribución del tamaño de partículas para cada flujo de material
- Consumo de energía para cada máquina
- Eficiencia de cribado para cribas y alimentadores de barras



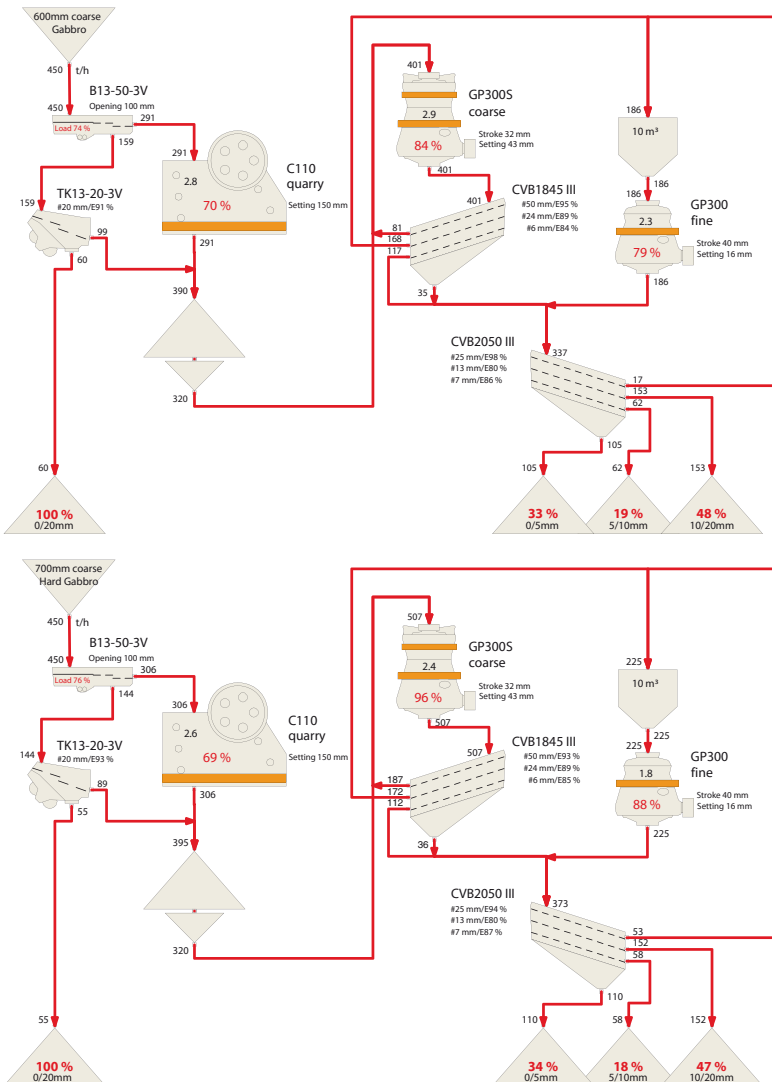
Los resultados muestran claramente hasta que punto el proceso satisface los requisitos especificados. Típicamente, el resultado más interesante es la cantidad de cada producto. Las cargas de las trituradoras y los flujos de material en los circuitos cerrados reflejan el equilibrio del proceso. La carga de la trituradora y el índice de reducción juntos dan una indicación de la forma de producto que se puede obtener.

Bruno no evalúa la utilidad del proceso en sí, pero produce avisos para evitar que se sobrepasen los límites físicos de los equipos, tales como el tamaño máximo admitido de las partículas. Si fuere imposible equilibrar el proceso, también se producirá un error. Otras deficiencias tienen que ser interpretadas de los resultados.

El proceso usado como ejemplo ha sido concebido originalmente para una capacidad de producción de áridos para asfalto de 320 t/h con una triturabilidad de 40 Gabbro y alimentación de 0-600 mm.

Cuando la triturabilidad del material de alimentación se cambia del 40% al 20%, y la granulometría de alimentación se vuelve 0-700 mm, las cargas de las trituradoras secundarias y terciarias aumentan. Materiales más duros vuelven más gruesa la producción de la trituradora, lo que incrementa la carga de los circuitos cerrados. El consumo de kW/tonelada de producto también aumenta debido a la mayor dureza del material.

Al considerarse solamente los productos finales, el cambio de las propiedades de alimentación no tiene un efecto significativo. La cantidad de cada producto queda prácticamente igual.





## Sistemas completos proyectados para diferentes aplicaciones

*Con su más de un cuarto de siglo de operaciones, Metso Minerals ha suministrado soluciones de trituración a una extraordinariamente amplia gama de clientes. Como consecuencia, a lo largo de los años hemos aprendido ciertamente algunas cosas en cuanto a la identificación de lo que funciona mejor y lo que no funciona.*

Nuestros sistemas han sido proyectados para satisfacer los requisitos de una amplia gama de aplicaciones en las industrias de minería y áridos. Y puesto que nuestros ingenieros se han ocupado de proyectar sistemas durante más de un cuarto de siglo, resulta evidente de que Metso Minerals posee un sistema adecuado para cada aplicación.

### El cliente puede beneficiarse de nuestra experiencia en ingeniería

El gran beneficio de la experiencia de ingeniería es que ha sido desarrollada para cumplir con los diferentes estándares regionales. Los clientes obtienen máquinas y piezas fabricadas en conformidad con rigurosas especificaciones de ingeniería que han sido ensayadas y comprobadas, reduciendo así el factor de riesgo de la inversión. Los plazos de instalación y de entrega técnica son significativamente reducidos, proporcionando un retorno más rápido de la inversión así como costes de operación más bajos por tonelada de producto.



### Tecnología y calidad para proporcionar el menor coste por tonelada

Los clientes son invitados a participar del diseño de sus plantas de trituración durante todo el proyecto. Participarán del desarrollo inicial de la aplicación del sistema, del proyecto de ingeniería, planificación del proyecto, entrega técnica de la planta, entrenamiento en operación y mantenimiento así como de la entrega final y aceptación del proyecto.

Sistemas nuevos y completos exigen una sustancial inversión. Los clientes necesitan de un compromiso total del proveedor para poder contar con el apoyo necesario para el cumplimiento de todos los requisitos del proyecto, planes de capacidad y período de recuperación de la inversión. Metso Minerals se compromete plenamente a

proyectar una planta que optimizará la inversión y garantizará un corto período de recuperación de la misma.

El control eficiente de los costes de una instalación completa es un elemento vital después de la entrega técnica de la planta. Basada en grandes cantidades de datos obtenidos de sistemas completos durante muchas décadas, Metso Minerals es capaz de lograr los costes operacionales contemplados durante la etapa inicial del proyecto de la planta.



### **Sistemas de automatización para control remoto**

En la mayoría de los casos, las plantas de trituración están lejos de la vista de los técnicos responsables de su gestión. Metso Minerals sigue desarrollando sistemas de automatización que posibilitan a los gestores seguir el proceso desde lugares remotos, usando tecnología de comunicaciones de última generación.

Al participar en la carrera de la reducción de costes, los clientes pasan a exigir una tecnología más sofisticada para hacer diagnósticos de la planta en tiempo real, para que puedan optimizar el mantenimiento de su planta y reducir los tiempos de parada. Los sistemas de automatización de Metso Minerals proveen las herramientas indicadas para monitorizar con precisión el proceso entero.

Para ayudar en la planificación del mantenimiento, nuestros sistemas de automatización de plantas pueden proporcionar los datos del proceso en tiempo real y también monitorizar los parámetros de los equipos, es decir, todos los datos necesarios para la planificación y control adecuados del mantenimiento de la planta. Los informes de producción también están disponibles como parte de este paquete de automatización.



### **Pericia comprobada en proyectos**

Metso Minerals tiene la experiencia de muchas décadas en la planificación de sistemas completos de trituración y cribado. Esto hace de nosotros el más proveedor más fiable de proyectos de plantas.

Puesto que todas las plantas son diferentes, Metso Minerals utiliza la ingeniería digital para dibujar y adaptar el proyecto de la planta de cada cliente a su ubicación específica. Nuestro moderno software Valpro garantiza un proyecto de plantas más rápido y más preciso.

### **Gestión de fabricación con calidad certificada**

Certificada con ISO 9001-V2000 y trabajando en conformidad con esas normas Metso Minerals asegura a los proyectos de sistemas la calidad y el profesionalismo que han sido verificados en nuestros talleres de producción.

### **Conocimiento profundo del proceso de fragmentación de rocas**

Datos obtenidos a partir de nuestra amplia red de ventas y nuestra experiencia global proporcionan a Metso Minerals un profundo conocimiento de los materiales de alimentación a plantas de trituración y sus características.

Esas informaciones posibilitan a Metso prever como los materiales de alimentación de los clientes reaccionarán al proceso de trituración y como serán considerados e incorporados en todos los aspectos del proyecto de un sistema de plantas.

El uso de la más reciente tecnología en el proceso de trituración y cribado sigue alargando las fronteras del proyecto de plantas. Metso Minerals puede proveer diagramas de flujos que combinan la creatividad con la eficiencia en costes.





Cada vez más, los mercados mundiales exigen que sus productos finales cumplan con rigurosos estándares de forma y tamaño. La alta calidad de los equipos de trituración de Metso Minerals permite alcanzar estos estándares.

### **Plantas completas, fijas o móviles**

Además de ofrecer instalaciones fijas completas, Metso Minerals es pionera en la fabricación de plantas móviles para aplicaciones en canteras o minas. La integración de dos o tres plantas móviles de trituración combinadas con un sistema móvil de cribado y acopio, lleva a una mayor eficiencia y mayor exactitud del producto final.

Tenemos el conocimiento para disponer un conjunto de plantas de trituración y cribado montadas sobre orugas para trituración primaria, secundaria y terciaria, según la aplicación. Las unidades montadas sobre orugas se trasladan por sí mismas a lo largo del frente de la cantera, reemplazando el transporte en camiones, lo que representa una reducción sustancial en los costes de transporte. La planta puede ser transportada entre canteras en gondolas estándar.

Esto es un ejemplo de como el know-how de procesos que hemos adquirido en el mundo entero puede satisfacer las necesidades de trituración, cribado y transporte.

### **Centros de investigación y pruebas**

Nuestros centros de investigación y desarrollo proporcionan datos de pruebas internas y de campo sobre capacidad, distribución granulométrica de producto y la potencia requerida para triturar un determinado material. Las pruebas de trituración y molienda con los materiales del cliente se realizan en un circuito interno de instalaciones de trituración.

Los sofisticados procedimientos de pruebas de alta precisión con muestras de roca y mineral del cliente, determinan las características del material, tales como su triturabilidad, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, fragilidad e índice de lascas. Se usa toda esta información para determinar las máquinas y equipos de reducción más adecuados al tipo de material usado en las pruebas. Universidades, organismos oficiales e institutos de investigación científica también usan la pericia de investigación de Metso Minerals.



## Plantas móviles de trituración y cribado

Además de sustituir sistemas fijos, los equipos de trituración móviles pueden eliminar el uso camiones basculantes y reducir los requisitos de mano de obra.

Actualmente, la tendencia en la explotación de canteras es en gran medida hacia sistemas y soluciones móviles. Actualmente, puede ser una exageración, ya que las plantas móviles de trituración montadas sobre orugas que operan junto al frente de roca ya existen hace más de 20 años, pero en las operaciones de explotación de canteras y minería su introducción ha sido más lenta.

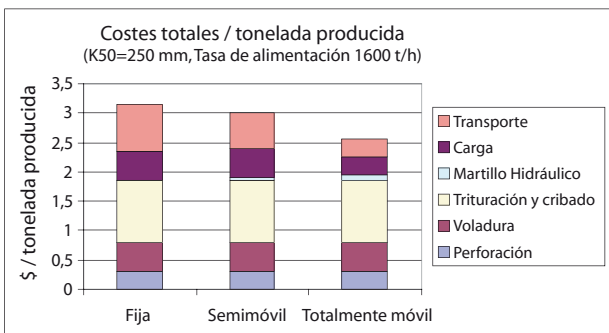
Las trituradoras primarias fijas, tal como su nombre sugiere, están permanentemente ubicadas en un sitio y, a menudo, a alguna distancia del frente de trabajo de la cantera o mina, siendo alimentadas con roca/minerales mediante un sistema de transporte. Aunque efectiva, una cuestión en este tipo de solución es el coste de transporte – que puede ser mayor que la mitad de todos los costes (perforación, voladura, carga, trituración, etc.)

Dada la necesidad continua de aumentar la eficiencia y reducir los costes, los dueños de canteras y minas han comprendido que el

transporte es un área donde se pueden lograr reducciones de costes. El ahorro de costes ha sido logrado, trasladando la trituradora primaria fija al frente de la cantera/mina – reduciendo la distancia de transporte – y reemplazando los camiones basculantes más viejos y pequeños por equipos más grandes y más modernos. Sin embargo, esa es una medida intermedia - ¿por qué no eliminar completamente el transporte (y los camiones)? Los equipos móviles permiten esa solución.

### Avanzando

Las principales ventajas de las plantas móviles de trituración primaria montadas sobre orugas son su capacidad de maximizar la productividad y reducir los costes de operación – incrementando la seguridad y reduciendo el impacto ambiental. Aunque el concepto de trituradoras primarias móviles y semimóviles ya existe hace mucho tiempo, una gran parte de ellas eran tan



pesadas (1.500 t) y requerían tanta planificación para moverse que raramente eran trasladadas – volviéndose una vez más instalaciones efectivamente permanentes.

La movilidad no impide una trituración eficiente, y las trituradoras montadas sobre orugas deben cumplir los mismos criterios básicos que las plantas estacionarias. La capacidad de transformar los trozos más grandes normalmente recibidos, en productos con la cubicidad y a la tasa de reducción deseadas son atributos “tiene que ser” y no “sería bueno”. Las plantas deben ser fáciles de usar y mantener – y ofrecer alta disponibilidad y largo ciclo de vida. Los componentes básicos de una planta móvil de trituración montada sobre orugas son prácticamente los mismos que para una planta fija (trituradora de mandíbulas o de impactos, unidad de potencia, alimentador precribador vibratorio de barras, tolva de alimentación, etc.) pero con las ventajas añadidas de una movilidad total – incluso en pendientes con inclinación de 1:10.

Pero no es solamente la trituradora primaria que puede ser móvil – Las plantas de trituración móviles Lokotrack de Metso pueden ser construidas con un, dos, tres o cuatro etapas distintas de trituración y cribado. Aunque es verdad que en términos de repuestos y mantenimiento las trituradoras móviles tienen más hidráulica, motor y componentes electrónicos, pero generalmente cuentan con un buen apoyo del fabricante OEM del motor o del fabricante de las trituradoras.

**La tecnología de control inteligente proporciona resultados de cribado óptimos de forma continua**

Metso Minerals es el primer fabricante que incorpora la revolucionaria tecnología SmartScreen™ en sus cribas móviles montadas sobre orugas (ST272, ST352, ST358, ST458, ST620 y ST620F). Con su controlador inteligente, el sistema SmartScreen™ monitoriza y ajusta automáticamente la unidad para resultados óptimos,

continuos de cribado.

Para el cliente, esta tecnología de automatización significa una mayor eficiencia y fiabilidad, mayor volumen de producción, operación más fácil, menor necesidad de mano de obra y, por consiguiente, contratos de cribado más rentables.

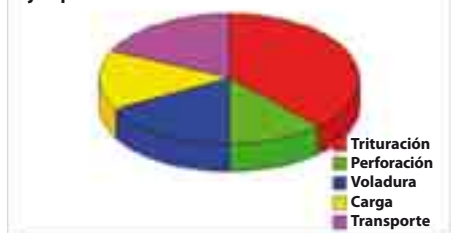
La tecnología SmartScreen™ también significa la posibilidad de enlazar el proceso completo de trituración y cribado con este sistema inteligente de control.

**Traslado rápido y fácil**

Sin embargo, la característica que demuestra el verdadero valor de los sistemas de trituración montados sobre orugas es la posibilidad de colocar los equipos junto al frente de trabajo y trasladarlos (durante la voladura, por ejemplo) - usando sus propios medios de propulsión - en menos de 20 minutos. Es intuitivamente una buena solución en términos de productividad optimizada y menores costes de producción que los equipos de trituración estén localizados junto al frente de roca.

La utilización de camiones basculantes puede ser muy ineficiente, especialmente cuando los camiones más grandes pueden usar el 60% de su potencia para propulsar su propio peso y el 40% para el transporte de la roca volada. Considerando que los camiones están vacíos durante la mitad del ciclo de operación, su ineficiencia inherente resulta evidente.

**Ejemplo de la distribución de los costes de cantera**



Las cintas transportadoras son significativamente más económicas que los camiones basculantes (eficiencia 80%) y no hay límite para sus extensión (30 km + es una longitud normal en minas a cielo abierto). Sin embargo, también aquí las cintas transportadoras montadas sobre orugas pueden proporcionar el eslabón flexible entre la planta de trituración móvil y la cinta transportadora fija. Trabajan sobre distancias más cortas (en el sistema de cintas transportadoras Lokolink están construidas en secciones de 42 m) que las cintas transportadoras fijas, contienen mucho menos piezas que los camiones basculantes y su consumo de repuestos también es menor.

Sin embargo, el mayor beneficio es su capacidad de reubicarse rápidamente – mediante la unión de la cinta transportadora Lokolink a la planta de trituración Lokotrack que trasladará el conjunto completo. Esta reubicación rápida reduce los tiempos de inactividad durante la voladura y el traslado a otro local en la cantera.



### Ahorro de costes superior al 30%

El ahorro potencial de costes derivado de la utilización un sistema móvil de trituración y transporte ubicado junto al frente de roca es significativo: los resultados de un estudio realizado por la Universidad de Tampere, Finlandia, indicaron un ahorro del 31% en comparación con instalaciones semimóviles en aplicaciones similares. El ahorro es aún más grande cuando comparamos los costes de un sistema móvil con los de la utilización de camiones basculantes ya que las excavadoras o cargadoras sobre ruedas usadas para cargar los camiones pueden ser reemplazadas por equipos de menor capacidad adecuadas a la cinta transportadora en vez de a los camiones. Los costes de mano de obra también son menores ya que no es

necesario emplear operadores de camiones. En términos de mano de obra, el operador de la excavadora o de la cargadora puede controlar la operación de trituración completa. El consumo de combustible también se reduce drásticamente y tampoco es necesario construir pistas de transporte y conservarlas – un gasto adicional (y creciente) significativo.

Con un período de vida similar al de los sistemas fijos (la primera unidad LT160 suministrada por Metso funcionará 65.000 horas durante 10 años, aún con una “segunda vida” por delante, alejada del frente) las plantas móviles tienen pocas desventajas. Hay sí ventajas ambientales significativas ya que la ausencia de camiones basculantes reduce el ruido, las vibraciones y emisiones de gases de escape – y combustible. Además, la seguridad resulta mejorada, ya que la circulación de vehículos es un factor importante en las estadísticas de accidentes en el emplazamiento.

Los sistemas móviles no sustituirán totalmente las plantas fijas. En canteras donde la producción es grande (>500.000 tpa) y constante dentro de un pequeño radio se justifica la utilización de una planta fija. Pero cuando la producción no es suficientemente grande, las plantas móviles tienen la ventaja de poder circular entre emplazamientos y construir pilas de acopio. En la industria de minería, las ventajas de tener una trituradora primaria alimentando un sistema de cintas transportadoras están siendo reconocidas como una solución efectiva.

Una vez consolidada esta primera etapa, la industria avanzará para una etapa de trituración secundaria móvil y finalmente llegará a la tercera etapa. El Reino Unido ya alcanzó la tercera etapa, mientras que los EE.UU. se están recuperando de un comienzo tardío.

Desde la introducción del concepto a mediados de la década de 1980, Metso Minerals ya vendió más de 5.000 plantas de trituración montadas sobre orugas. La adopción de un sistema Loko-





track/Lokolink/Field Conveyor en una cantera de Tarmac en el Reino Unido, proporcionó un ahorro de costes superior al 50% en comparación con el método anterior de voladura y transporte.

Con sus costes de capital y operación más bajos, flexibilidad de localización y la eliminación de la necesidad de camiones basculantes y carreteras, las plantas de trituración móviles ofrecen una alternativa atractiva al sistema tradicional fijo

de trituración y transporte. La reducción de la mano de obra, consumo de combustible y contaminación se refleja en un incremento en salud y seguridad.

Ofreciendo mayor productividad y costes bajos por tonelada producida, las plantas de trituración montadas sobre orugas verdaderamente móviles están destinadas a tener una mayor presencia en las canteras y minas del mundo entero.

# Lokotrack



# Lokotrack LT110

- diseño moderno, modular para utilización y mantenimiento fáciles
- conocida trituradora de mandíbulas C110
- varios alimentadores opcionales
- el control de proceso más moderno con sistema de automatización IC700
- amplia gama de opciones apropiadas para cada aplicación

## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C110

- Abertura de alimentación 1.100 x 850 mm (44 x 34")
- Rango de reglaje 70-170 mm (2 ¾"- 7") (roca dura)
- Rango de reglaje 40-170 mm (1 ½"- 7") (reciclaje)

### Alimentador

Tolva de alimentación

- Volumen 7 m<sup>3</sup> (9 yd.<sup>3</sup>)
- Anchura 2.750 mm (108")

Alimentador precribador de barras Nordberg VF544-2V

- Longitud 4.400 mm (14' 5")
- Anchura 1.300 mm (51")

Alimentador precribador vibrante PF525 & criba de escalpaje VG527-2V (opcional)

- Longitud del PF525 2.500 mm (8' 3")
- Anchura del PF525 1.300 mm (51")
- Longitud de la VG527-2V 2.700 mm (8' 10")
- Anchura de la VG527-2V 1.300 mm (51")

Cinta transportadora principal de descarga H14-12

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 3,5 m (11' 6")

Cinta transportadora principal de descarga H14-16 (opcional)

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 4,7 m (15' 5")

Cinta transportadora lateral H8-10

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Altura de descarga 3,7 m (12' 1")

### Motor

- Caterpillar C-13
- Potencia 310 kW (415 CV)
- Autorización Tier 3
- Accionamiento directo de la trituradora
- Demás accionamientos de tipo hidráulico

**Capacidad máxima** 900 tmph (1.000 tcph)

## Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

- Longitud: 17.400 mm (57')
- Anchura: 3.500 mm (11' 6")
- Altura: 3.800 mm (12' 6")
- Peso: 66.000 kg (145.000 lb)



# Lokotrack





## Lokotrack LT3054

- diseño modular para utilización y mantenimiento fáciles
- conocida trituradora de mandíbulas C3054
- varios alimentadores opcionales
- el control de proceso más moderno con sistema de automatización IC700
- amplia gama de opciones apropiadas para cada aplicación

### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C3054

- Abertura de alimentación 1.375 x 760 mm (54 x 30")
- Rango de reglaje 70-170 mm (2 ¾"- 7") (roca dura)

#### Alimentador

Tolva de alimentación

- Volumen 7 m<sup>3</sup> (9 yds.<sup>3</sup>)
- Anchura 2.750 mm (108")

Alimentador precribador de barras Nordberg VF544-2V

- Longitud 4.400 mm (14' 5")
- Anchura 1.300 mm (51")

Alimentador precribador vibrante PF525 & criba de escalpaje VG527-2V (opcional)

- Longitud del PF525 2.500 mm (8' 3")
- Anchura del PF525 1.300 mm (51")
- Longitud de la VG527-2V 2.700 mm (8' 10")
- Anchura de la VG527-2V 1.300 mm (51")

Cinta transportadora principal de descarga H14-12

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 3,5 m (11' 6")

Cinta transportadora principal de descarga H14-16 (opcional)

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 4,7 m (15' 5")

Cinta transportadora lateral H8-10

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Altura de descarga 3,65 m (11' 12")

#### Motor

- Caterpillar C-13
- Potencia 310 kW (415 CV)
- Autorización Tier 3
- Accionamiento directo de la trituradora
- Demás accionamientos de tipo hidráulico

**Capacidad máxima** 900 tmph (1.000 tcph)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

- Longitud: 17.400 mm (57")
- Anchura: 3.500 mm (11' 6")
- Altura: 3.800 mm (12' 6")
- Peso: 66.000 kg (145.000 lb)



# Lokotrack



# Lokotrack LT125

- versatilidad superior en su clase
- diseño robusto y transporte fácil de un lugar para otro
- modelo "desmontable" disponible para instalación rápida
- alto rendimiento y flexibilidad
- amplia gama de opciones



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C125

- Abertura de alimentación 1.250 x 950 mm (49 x 34 pulgadas)

### Alimentador

#### B13-44-2V

Tolva de alimentación

- Volumen 7 m<sup>3</sup> (10 yds.<sup>3</sup>)

- Anchura 3.100 mm (10' 2")

Alimentador precribador de barras

Nordberg B13-44-2V

- Volumen 4.400 mm (14' 5")

- Anchura 1.300 mm (51")

Cinta transportadora principal de descarga H14-11

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")

Cinta transportadora lateral H6.5-8

- Anchura de cinta 650 mm (25")

- Altura de la transportadora 3.100 mm (120")

### Motor

- Caterpillar C-12

- Potencia 317 kW (430 CV)

### Alimentador

#### B13-50-3V

Tolva de alimentación

- Volumen 11 m<sup>3</sup> (15 yds.<sup>3</sup>)

- Anchura 3.350 mm (11')

Alimentador precribador de barras

Nordberg B13-50-3V

- Volumen 5.000 mm (16' 5")

- Anchura 1.300 mm (51")

Cinta transportadora principal de descarga H14-11

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")

Cinta transportadora lateral H6.5-8

- Anchura de cinta 650 mm (25")

- Altura de la transportadora 3.100 mm (120")

### Motor

- Caterpillar C-12

- Potencia 317 kW (430 CV)

## Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud: 15.430 mm (50' 7")

Anchura: 3.500 mm (11' 6")

Altura: 3.800 mm (12' 6")

Peso: 86.000 kg (189.000 lb)

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud: 16.000 mm (52' 6")

Anchura: 3.500 mm (11' 6")

Altura: 4.430 mm (14' 6")

Peso: 86.000 kg (189.000 lb)



# Lokotrack



## Lokotrack LT140

- combinación perfecta con la cinta transportadora móvil LL
- capacidad excepcional de trituración con la poderosa trituradora de mandíbulas C140
- tecnología robusta y fiable
- ahorros sustanciales en las aplicaciones de trituración dentro de la excavación



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C140

- Alimentación 1.400 x 1.070 mm (37 x 49")

#### Alimentador

Tolva de alimentación

- Volumen 12 m<sup>3</sup> (17 yds.<sup>3</sup>)

- Anchura 3.430 mm (11' 3")

Alimentador precibador de barras Nordberg B16-50-3V

- Longitud 5.000 mm (16' 5")

- Anchura 1.600 mm (63")

Cinta transportadora principal de descarga H14-11

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")

Cinta transportadora lateral

- Anchura de cinta 800 mm (31")

- Altura de la transportadora 3.300 mm (130")

#### Motor

- Caterpillar C-15

- Potencia 390 kW (530 CV)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud: 15.700 mm (51' 9")

Anchura: 3.500 mm (11' 6")

Altura: 3.800 mm (12' 6")

Peso: 111.000 kg (245.000 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT160

- alta capacidad para operaciones de trituración y minería en grande escala
- robustez extraordinaria con movilidad total
- trituración móvil altamente eficiente
- fiabilidad en operaciones exigentes, continuos



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C160

- Alimentación 1.600 x 1.200 mm (47 x 63")

#### Alimentador

Tolva de alimentación

- Volumen 20 m<sup>3</sup> (27 yds.<sup>3</sup>)

- Anchura 3.800 mm (12' 6")

Alimentador precribador de barras Nordberg B20-66-2V

- Longitud 6.600 mm (21' 8")

- Anchura 2.000 mm (79")

Cinta transportadora principal de descarga H18-13

- Anchura de cinta 1.800 mm (71")

Cinta transportadora lateral

- Anchura de cinta 800 mm (31")

- Altura de la transportadora 4.000 mm (155")

#### Motor

- Caterpillar C-16

- Potencia 445 kW (605 CV)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud: 19.500 mm (63' 1")

Anchura: 3.500 mm (11' 6")

Altura: 3.800 mm (12' 6")

Peso: 215.000 kg (473.000 lb)

# Lokotrack





# Lokotrack LT1315

- diseño moderno, modular
- potente trituradora de impactos NP1315M
- avanzado sistema de automatización IC700
- varios alimentadores opcionales

## Componentes de la unidad

### Trituradora

- Trituradora de impactos Nordberg NP1315
- Abertura de alimentación 1.540 x 930 mm (60 x 36")
  - Rango de reglaje (trituration): 60-150 mm (2 2/4" – 6")
  - Velocidad del rotor: 450-560 rpm

### Alimentador

- Tolva de alimentación
- Volumen 8 m<sup>3</sup> (10 yds.<sup>3</sup>)
  - Anchura 2.750 mm (108")

### Alimentador precribador vibrante PF525 & criba de escalpaje VG527-2V (opcional)

- Longitud del PF525 2.500 mm (8' 3")
- Anchura del PF525 1.300 mm (51")
- Longitud de la VG527-2V 2.700 mm (8' 10")
- Anchura de la VG527-2V 1.300 mm (51")

### Cinta transportadora principal de descarga H14-12

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 3,5 m (11' 6")

### Cinta transportadora principal de descarga H14-10R & TK14-27 (opcional)

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 3,5 m (11' 6")

### Cinta transportadora lateral H8-10

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Altura de descarga 3,65 m (11' 12")

### Motor

- Caterpillar C-15
- Potencia 403 kW (540 CV)
- Autorización Tier 3
- Accionamiento directo de la trituradora
- Demás accionamientos de tipo hidráulico

**Capacidad máxima:** 900 tpmh (1.000 tcph)

## Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

- Longitud: 18.000 mm (60')
- Anchura: 3.500 mm (11' 6")
- Altura: 3.800 mm (12' 6")
- Peso: 60.000 kg (132.000 lb)



# Lokotrack



# Lokotrack LT1415

- diseño moderno y modular comprobado
- trituradora de impactos con tamaño de alimentación de hasta 1000 mm
- alta capacidad para operaciones en canteras y minas
- avanzado sistema de automatización IC700
- fácil mantenimiento y cambio de martillos

## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de impactos Nordberg NP1415

- Abertura de alimentación 1.540 x 1.320 mm (60 x 52")
- Rango de reglaje (trituration): 60-200 mm (2 3/4" – 8")
- Velocidad del rotor: 450-560 rpm

### Alimentador

Tolva de alimentación

- Volumen 8 m<sup>3</sup> (10 yds.<sup>3</sup>)
- Anchura 2.750 mm (108")

Alimentador precribador vibrante PF525 & criba de escalpaje VG527-2V (opcional)

- Longitud del PF525 2.500 mm (8' 3")
- Anchura del PF525 1.300 mm (51")
- Longitud de la VG527-2V 2.700 mm (8' 10")
- Anchura de la VG527-2V 1.300 mm (51")

Cinta transportadora principal de descarga H14-12

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 3,5 m (11' 6")

Cinta transportadora principal de descarga H14-10R & TK14-27 (opcional)

- Anchura de cinta 1.400 mm (55")
- Altura de descarga 3,5 m (11' 6")

Cinta transportadora lateral H8-10

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Altura de descarga 3,65 m (11' 12")

### Motor

- Caterpillar C-15
- Potencia 403 kW (540 CV)
- Autorización Tier 3
- Accionamiento directo de la trituradora
- Demás accionamientos de tipo hidráulico

**Capacidad máxima:** 900 tpmh (1.000 tcph)

## Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud:	18.000 mm (60')
Anchura:	3.500 mm (11' 6")
Altura:	4.250 mm (13' 11")
Peso:	66.000 kg (145.500 lb)



# Lokotrack



# Lokotrack LT1418

- probado diseño moderno y modular
- trituradora de impactos con tamaño de alimentación de hasta 1000 mm
- alta capacidad para operaciones en canteras y minas
- avanzado sistema de automatización IC700
- fácil mantenimiento y cambio de martillos



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de impactos Nordberg NP1418  
 Abertura de alimentación: 1.840 x 1.320 mm  
 Rango de reglaje (trituration): 60-200 mm (2 3/4" - 8")  
 Velocidad del rotor: 450 - 560 rpm

### Alimentador

Tolva de alimentación  
 Volumen: 20 m<sup>3</sup> (27yd<sup>3</sup>)  
 Anchura: 3.300 mm (130")

Alimentador precibador vibrante PF635 & criba de escalpaje VG635-3V (opcional)

Longitud del PF635: 3.500 mm (11' 8")  
 Anchura del PF635: 1.600 mm (5' 3")  
 Longitud de la VG635-3V: 3.500 mm (11' 8")  
 Anchura de la VG635-3V: 1.600 mm (5' 3")

Cinta transportadora principal de descarga H16-12

Anchura de cinta 1.600 mm (63")  
 Altura de descarga 3.5 m (11' 6")

Cinta transportadora lateral H8-10

Anchura de cinta 800 mm (32")  
 Altura de descarga 3,65 m (11' 12")

**Motor** Caterpillar C-18 552 kW / 1.900 rpm

**Capacidad máxima:** 1.200 tph (1.330 tcph)

## Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud: 20.300 mm (66' 7")  
 Anchura: 3.850 mm (12' 8")  
 Altura: 4.500 mm (14' 9")  
 Peso: 85.500 kg (188.500 lb)

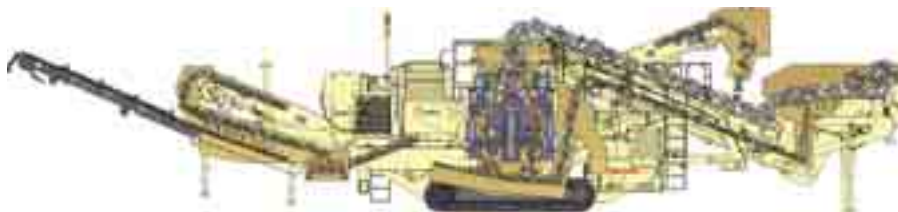


# Lokotrack



## Lokotrack LT300HP

- construido en base a comprobada trituradora de cono HP300
- la cavidad de trituración puede ser seleccionado con precisión
- sistema de automatización IC600 como estándar
- disponibilidad de una amplia gama de equipos opcionales



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

##### Características

- Tamaño de alimentación hasta: 240 mm (9,5")
- Tamaño de producto hasta: 75 mm (3")
- Capacidad hasta: 550 tph (600 tcph)
- Velocidad de traslado: 1 km (0,6 mph)
- Pendiente máxima: 20° (35 %)

##### Equipo – unidad básica

<b>Trituradora de cono (1)</b>	HP300
Unidad de control del reglaje	IC600
Tolva de alimentación	7 m <sup>3</sup>
Cinta alimentadora	H12-6
Cinta transportadora principal	H12-9
Orugas	D57
Motor, Caterpillar	C-15
- potencia	403 kW-540 CV
Generador CA y panel	71 kVA, 50 Hz

##### Equipo alternativo – unidad básica

Cinta transportadora principal	H12-12
--------------------------------	--------

**Capacidad máxima:** 550 tmph (600 tcph)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud:	16.300 mm (56' 6")
Anchura:	3.500 mm (11' 6")
Altura:	3.800 mm (12' 6")
Peso:	43.000 kg (95.000 lb)



# Lokotrack





## Lokotrack LT300GP

- construcción robusta para emplazamientos de trituración más exigente de roca dura
- la trituradora puede ser seleccionada según los requisitos específicos de la aplicación
- transporte fácil en góndola con buena eficacia en de costes
- el módulo del alimentador precribador de barras permite desviar o descargar los finos
- el módulo de cribado permite cribar el material triturado (y desviado) en dos fracciones separadas
- la LT300GP también puede ser equipada con un king-pin y enganche para plataforma de transporte



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Características

- Tamaño de alimentación hasta: 320 mm (13")
- Tamaño de producto hasta: 75 mm (3")
- Capacidad hasta: 550 tph (600 tcph)
- Velocidad de traslado: 1 km (0,6 mph)
- Pendiente máxima: 20° (35 %)

Equipo – unidad básica

<b>Trituradora de cono (1)</b>	GP300S
Unidad de control del reglaje	IC50
Cinta transportadora de elevación	H12-7
Cinta transportadora principal	H12-9
Orugas	D6B
Motor, Caterpillar	C-12
- potencia	317 kW-423 CV
Generador CA y panel	71 kVA, 50 Hz

Equipo alternativo – unidad básica

Trituradora de cono	GP300
Cinta transportadora principal	H12-12

**Capacidad máxima:** 550 tmph (600 tcph)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud:	16.200 mm (53")
Anchura:	3.500 mm (11' 6")
Altura:	3.800 mm (12' 10")
Peso:	42.000 kg (93.000 lb)



# Lokotrack



## Lokotrack LT300GPB

- construida en base a la probada trituradora de cono GP
- unidad móvil autopropulsada
- construcción robusta
- alta maniobrabilidad gracias al potente tractor
- la LT300GP también puede ser equipada con un perno pivote y enganche para plataforma de transporte



### Componentes de la unidad

**Trituradora**

Trituradora de cono Nordberg G 300

**Criba**

Criba horizontal de 3 pisos B380 T

Tamaño de criba 1.600 x 5.450 mm (5' 3" x 17' 8")

Opcionalmente Criba horizontal de 3 pisos B 3100 T

Tamaño de criba 2.800 x 6.850 mm (9' 3" x 22' 6")

Opcionalmente Criba horizontal de 2 pisos B 2100 T

Tamaño de criba 2.800 x 6.850 mm (9' 3" x 22' 6")

**Tamaño de alimentación hasta:** 210 mm (8")

**Capacidad máxima:** 450 tph (500 tcph)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud:	21.700 mm (71' 2")
Anchura:	3.500 mm (11' 6")
Altura:	3.800 mm (12' 5")
Peso:	60.600 kg (133.600 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack LT300HPB

- construida en base a la probada trituradora de cono HP300
- unidad móvil autopropulsada
- construcción robusta
- alta maniobrabilidad gracias al potente tractor



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de cono Nordberg HP300

### Criba

Criba horizontal de 3 pisos B380 T

Tamaño de criba 1.600 x 5.450 mm (5' 3" x 17' 8")

Opcionalmente Criba horizontal de 3 pisos B 3100 T

Tamaño de criba 2.800 x 6.850 mm (9' 3" x 22' 6")

Opcionalmente Criba horizontal de 2 pisos B 2100 T

Tamaño de criba 2.800 x 6.850 mm (9' 3" x 22' 6")

**Tamaño de alimentación hasta:** 240 mm (9,5")

**Capacidad máxima:** 440 tph (485 tcph)

## Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud: 19.400 mm (63' 8")

Anchura: 3.500 mm (11' 6")

Altura: 3.800 mm (12' 5")

Peso: 63.000 kg (138.900 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT550GPF

- unidad móvil de alta capacidad
- potente trituradora de cono GP550
- fácil de transportar



### Componentes de la unidad

**Trituradora**

Trituradora de cono Nordberg GP550

**Criba**

Criba horizontal de 3 pisos FS303CL

Tamaño de criba 1.936 x 6.100 mm (6' 4" x 20')

**Tamaño de alimentación hasta:** 250 mm (10")

**Capacidad máxima:** 600 tph (660 tcph)

### Dimensiones

(Dimensiones de transporte, unidad estándar)

Longitud:		20.300 mm (66' 7")
Anchura:		3.985 mm (13' 1")
Altura:		4.750 mm (15' 7")
Peso:	Unidad básica	76.500 kg (168.700 lb)
	Unidad de cribado	22.800 kg (50.300 lb)
	Cinta transportadora lateral	1.300 kg (2.860 lb)

## Cintas transportadoras móviles de la Serie Nordberg LL



Modelo	Anchura de cinta	Longitud entre centros de tambores	Potencia	Peso	Capacidad	Tamaño máximo de alimentación	Compatibilidad
LL12	1.200 mm (48")	24 y 36 m (80 y 120 ft)	37 kW (50 CV)	16 t (35.000 lb)	1.200 t/h	300 mm (12")	LT125, LT140, LT1415(LL)
LL16	1.600 mm (63")	24 y 36 m (80 y 120 ft)	2 x 37 kW (2 x 50 CV)	28 t (60.000 lb)	2.000 t/h	350 mm (14")	LT160

### Plataforma de transporte opcional para Lokotracks

La plataforma de transporte ayuda a reducir el peso y la altura del conjunto transportado, y así, reduce el coste de transporte entre instalaciones.

La plataforma de transporte está disponible como equipo opcional para los siguientes modelos Lokotrack:

LTs primarias: LT110, LT3054, LT125, LT1315 y LT1415.

LTs secundarias: LT300GP/HP, LT300GPB/HBP







# Lokotrack



## Lokotrack LT96

- inteligencia altamente avanzada de serie
- auténtica movilidad con unas dimensiones compactas
- trituradora de mandíbulas C96 de alta capacidad
- control activo del reglaje como opción
- amplias opciones de personalización
- servicio posventa mundial garantizado



### Componentes de la unidad

**Trituradora**

Trituradora de mandíbulas Nordberg C96

- Anchura de entrada 930 mm (37")
- Profundidad de entrada 580 mm (23")

**Alimentador**

Tolva de alimentación

- 4 m<sup>3</sup>: Anchura 2.700 mm (8' 10")
- 6 m<sup>3</sup>: Anchura 3.400 mm (11' 2")

Alimentador vibrante Nordberg TK9-32-2V

- Longitud 3.200 mm (10' 6")
- Anchura 950 mm (3' 1")

**Motor**

- Potencia CAT C6.6 168 kW (225 CV)

**Capacidad máxima** 350 tph (385 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 12.450 mm (40' 10")
- Anchura: 2.500 mm (8' 3")
- Altura: 3.100 mm (10' 2")
- Peso: 27.800 kg (61.300 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack LT96S

- criba con posibilidad de invertir el sentido de giro
- cómodo sistema de accionamiento hidráulico de la criba
- excelente relación peso/productividad
- productos finales clasificados y limpios
- probada trituradora de mandíbulas C96



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C96

- Anchura de entrada 930 mm (37")
- Profundidad de entrada 580 mm (23")

### Alimentador

Tolva de alimentación

- 4 m<sup>3</sup>: Anchura 2.700 mm (8' 10")
- 6 m<sup>3</sup>: Anchura 3.400 mm (11' 2")

Alimentador vibrante Nordberg TK9-32-2V

- Longitud 3.200 mm (10' 6")
- Anchura 950 mm (3' 1")

### Criba

Criba Nordberg TK11-20-S

- Longitud 2.000 mm (6' 7")
- Anchura 1.100 mm (3' 7")

### Motor

- Potencia CAT C6.6 168 kW (225 CV)

### Capacidad máxima

350 tph (385 tcph)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 14.800 mm (48' 7")
- Anchura: 2.500 mm (8' 2")
- Altura: 3.100 mm (10' 2")
- Peso: 31.200 kg (68.800 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT106

- trituración inteligente con el controlador inteligente IC500
- facilidad de usuario avanzada
- una misma unidad para rocas de alta dureza y materiales reciclado de materiales
- máxima capacidad con la trituradora de mandíbulas C106
- versátiles opciones de alimentación



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C106

- Anchura de entrada 1.060 mm (42")
- Profundidad de entrada 700 mm (28")

#### Alimentador

Tolva de alimentación 6 m<sup>3</sup>/9 m<sup>3</sup> (8 yd<sup>3</sup>/12 yd<sup>3</sup>)

- Anchura 2.600 mm (8' 6")

Alimentador vibrante Nordberg TK11-42-2V

- Longitud 4.150 mm (13' 8")
- Anchura 1.100 mm (3' 7")

#### Motor

- Potencia CAT C9 224 kW (300 CV)

#### Capacidad máxima

400 tph (440 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Longitud:	14.200 mm (46' 7")
Anchura:	2.800 mm (9' 2")
Altura:	3.400 mm (11' 2")
Peso:	40.000 kg (88.200 lb)

# Lokotrack





# Lokotrack LT106S

- dos productos finales simultáneamente
- máxima versatilidad en reciclaje
- construida con componentes probados
- dimensiones de transporte compactas
- controles IC500 inteligentes



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C106

- Anchura de entrada 1.060 mm (42")
- Profundidad de entrada 700 mm (28")

### Alimentador

Tolva de alimentación 6 m<sup>3</sup>/9 m<sup>3</sup> (8 yd<sup>3</sup>/12 yd<sup>3</sup>)

- Anchura 2.600 mm (8' 6")

Alimentador vibrante Nordberg TK11-42-2V

- Longitud 4.150 mm (13' 8")
- Anchura 1.100 mm (3' 7")

### Criba

Criba Nordberg TK11-30 S

- Longitud 3.000 mm (9' 10")
- Anchura 1.100 mm (3' 7")

### Motor

CAT C9

- Potencia 224 kW (300 CV)

**Capacidad máxima** 400 tph (440 tcph)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 16.000 mm (52' 6")
- Anchura: 2.800 mm (9' 2")
- Altura: 3.400 mm (11' 2")
- Peso: 42.000 kg (99.200 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT116

- construida alrededor de la trituradora de mandíbulas C116 de alto rendimiento
- capacidad de trituración y movilidad excelentes
- posibilidad de incorporar un eficiente módulo de criba



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C116

- Anchura de entrada 1.150 mm (45")
- Profundidad de entrada 800 mm (32")

#### Tolva de alimentación

- Longitud 3.500 mm (11' 5")
- Anchura 2.600 mm (8')
- Capacidad 6 m<sup>3</sup>/9 m<sup>3</sup> (8 yd<sup>3</sup>/12 yd<sup>3</sup>)

#### Alimentador

- Longitud 4.200 mm (13' 9")
- Anchura 1.100 mm (43")

#### Motor

- CAT C13 diésel
- Cumple las normas Tier 3
- Potencia 310 kW (415 CV)

#### Capacidad máxima

450 tph (496 tchp)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud 15.500 mm (50')
- Anchura 3.000 mm (9' 10")
- Altura 3.600 mm (11' 10")
- Peso 50.000 kg (110.000 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack LT116S

- dos productos finales simultáneamente
- criba con dos sentidos de rotación
- imbatible versatilidad en reciclaje
- personalizable mediante opciones



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora de mandíbulas Nordberg C116

- Anchura de entrada 1.150 mm (45")
- Profundidad de entrada 800 mm (32")

### Tolva de alimentación

- Longitud 3.500 mm (11' 5")
- Anchura 2.600 mm (8')
- Capacidad 6 m<sup>3</sup>/9 m<sup>3</sup> (8 yd<sup>3</sup>/12 yd<sup>3</sup>)

### Alimentador

- Longitud 4.200 mm (13' 9")
- Anchura 1.100 mm (43")

### Criba

- Longitud 3.000 mm (10')
- Anchura 1.300 mm (4')
- Área de criba 3,9 m<sup>2</sup> (4,2'<sup>2</sup>)

### Motor

- CAT C13 diésel
- Cumple las normas Tier 3
- Potencia 310 kW (415 CV)

**Capacidad máxima** 450 tph (496 tcph)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

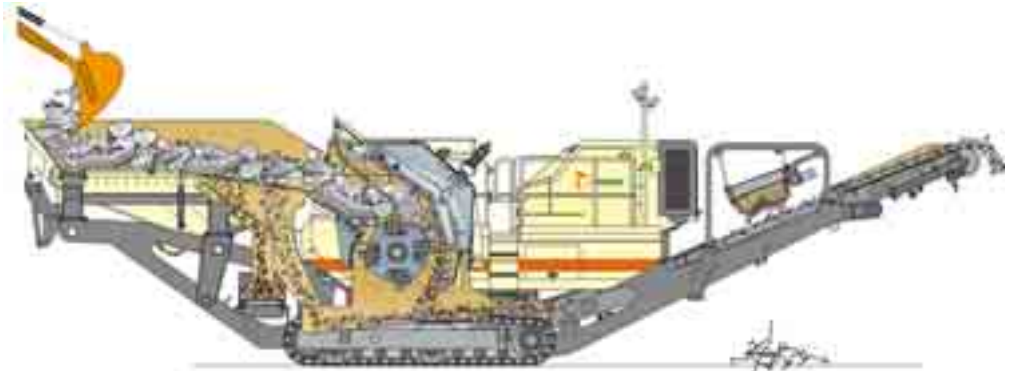
Longitud	18.100 mm (59' 5")
Anchura	3.000 mm (9' 10")
Altura	3600 mm (11' 10")
Peso	55.000 kg (121.000 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack LT1110

- construida alrededor de la potente trituradora NP1110
- productividad inteligente con el controlador IC500
- bajos niveles de ruido en funcionamiento con un diseño modular
- amplia gama de opciones disponibles
- dimensiones de transporte compactas



## Componentes de la unidad

### Trituradora

Trituradora por impacto Nordberg NP1110M

- Abertura de alimentación 1.040 x 800 mm (41 x 31")
- Abertura de alimentación, aplicación móvil 1.040 x 650 mm (41 x 24")
- Accionamiento hidráulico

### Alimentador

Tolva de alimentación

- 5 m<sup>3</sup>: Anchura 2.600 mm (8' 6")
- 8 m<sup>3</sup>: Anchura 3.400 mm (11' 2")

Alimentador vibrante Nordberg TK9-42-2V

- Longitud 4.200 mm (13' 8")
- Anchura 930 mm (3' 1")
- Plegado hidráulico de serie en las paredes de la tolva

### Motor

CAT C9

- Potencia 242 kW (325 CV)
- Velocidad 2.100 rpm
- Acciona todos los componentes hidráulicos

### Capacidad máxima

300 tph (330 tcph)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Longitud:	14.900 mm (49')
Anchura:	2.500 mm (8' 2")
Altura:	3.400 mm (11' 2")
Peso:	32.000 kg (70.500 lb)





## Control activo del reglaje como opción

Un nuevo y avanzado sistema de Control Activo del Reglaje está ahora disponible para la Lokotrack LT96. Este nuevo sistema actúa como sistema de reglaje y libera la cavidad de la trituradora para abrirla en caso de presencia de un intriturable de tamaño excesivo.

El nuevo sistema protector aumenta considerablemente la disponibilidad de la trituradora, especialmente en las aplicaciones de reciclaje.

El sistema de control activo se basa en el uso de tres cilindros hidráulicos y un sensor de ultrasonidos conectado a la parte trasera de la trituradora. Si entra un material no triturable, como un fragmento de hierro, en la cavidad de la trituradora y genera una presión elevada, se abre la válvula de alivio y se libera el aceite hidráulico de los cilindros.

Como resultado, la cavidad de la trituradora se abre y el material no triturable cae de la trituradora. Tras la abertura, el sensor ultrasónico devuelve automáticamente el reglaje del lado cerrado a su valor preajustado original.



# Lokotrack



# Lokotrack LT1110S

- criba desmontable con rotación en dos sentidos
- potente trituradora por impacto diseñada para máquinas móviles
- control inteligente de procesos con el IC500
- amplia selección de opciones disponibles



## Componentes de la unidad

### Trituradora

- Trituradora por impacto Nordberg NP1110M
- Abertura de alimentación 1.040 x 800 mm (41 x 31")
  - Abertura de alimentación, aplicación móvil 1.040 x 650 mm (41 x 24")
  - Accionamiento hidráulico

### Alimentador

- Tolva de alimentación
- 5m<sup>3</sup>: Anchura 2.600 mm (8' 6")
  - 8m<sup>3</sup>: Anchura 3.400 mm (11' 2")
- Alimentador vibrante Nordberg TK9-42-2V
- Longitud 4.200 mm (13' 8")
  - Anchura 930 mm (3' 1")
  - Plegado hidráulico de serie en las paredes de la tolva

### Criba

- Criba Nordberg K11-30S
- Longitud 3.000 mm (9' 10")
  - Anchura 1.100 mm (3' 7")

### Motor

- Potencia CAT C9 242 kW (325 CV)
- Velocidad 2.100 rpm

**Capacidad máxima** 300 tph (330 tcph)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 17.700 mm (58' 1")
- Anchura: 2.750 mm (9')
- Altura: 3.400 mm (11' 2")
- Peso: 36.200 kg (79.800 lb)

(sin cinta transportadora de retorno H5-9, transportada separadamente)

# Lokotrack



## Lokotrack LT1213

- construida alrededor de la probada trituradora por impacto de la Serie NP
- dos opciones de alimentador disponibles
- alimentador vibrante opcional bajo la trituradora
- motor diésel ecológico



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora por impacto Nordberg NP1213M

- Abertura de alimentación 1.320 x 900 mm (52 x 35 ½")
- Velocidad de la trituradora 450-600 rpm
- Accionamiento hidráulico

#### Alimentador

- Tolva de alimentación 6 m<sup>3</sup>/9 m<sup>3</sup> (8 yd<sup>3</sup>/12 yd<sup>3</sup>)
- Anchura 2.600 mm (8' 6")
- Alimentador Nordberg TK11-42-2V
- Longitud 4.200 mm (13' 9")
- Anchura 1.100 mm (3' 7")

#### Motor

- Potencia CAT C13 310 kW (415 CV)

#### Capacidad máxima

400 tph (440 tcpH)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 14.700 mm (48')
- Anchura: 3.000 mm (9' 10")
- Altura: 3.400 mm (11' 2")
- Peso: 40.000 kg (110.000 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT1213S

- planta de proceso completo sobre orugas
- utilizable tanto en circuito abierto como circuito cerrado
- módulo de criba transportable en un sólo transporte
- abertura hidráulica para facilitar el mantenimiento de la criba



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora por impacto Nordberg NP1213M

- Abertura de alimentación 1.320 x 900 mm (52 x 35 ½")
- Velocidad de la trituradora 450-600 rpm
- Accionamiento hidráulico

#### Alimentador

- Tolva de alimentación 6 m³/9 m³ (8 yd³/12 yd³)
- Anchura 2.600 mm (8' 6")
- Alimentador Nordberg TK11-42-2V
- Longitud 4.200 mm (13' 9")
- Anchura 1.100 mm (3' 7")

#### Criba

Criba Nordberg TK13-30S

- Longitud 3.000 mm (9' 10")
- Anchura 1.300 mm (4' 3")

#### Motor

- CAT C13
- Potencia 310 kW (415 CV)

#### Capacidad máxima

400 tph (440 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 17.200 mm (56' 1")
- Anchura: 3.000 mm (9' 10")
- Altura: 3.400 mm (11' 2")
- Peso: 50.000 kg (110.000 lb)

(Con cinta transportadora de recirculación opcional)

# Lokotrack





## Lokotrack LT200HP

- construida alrededor de la probada trituradora de cono HP200
- proceso controlado por el sistema de control IC600
- total versatilidad con los demás modelos LT y ST
- máxima disponibilidad
- fácil de transportar entre emplazamientos



### Componentes de la unidad

**Trituradora**

Trituradora de cono Nordberg HP200

- Abertura máxima de alimentación hasta 210 mm (8,27")
- Accionamiento hidráulico con velocidad ajustable

**Alimentador de cinta H10-6**

- Anchura de cinta 1.000 mm (39")
- Longitud 6.000 mm (20')
- Tamaño de tolva de alimentación 5,0 m<sup>3</sup> (6,5 yd.<sup>3</sup>)
- Accionamiento hidráulico

**Cinta transportadora principal H8-10**

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Altura de descarga 3.000 mm (9' 10")
- Accionamiento hidráulico

**Motor**

- Caterpillar C13
- Potencia 310 kW (415 CV)

**Capacidad máxima** 250 tph (275 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Longitud:	16.750 mm (54' 11")
Anchura:	3.000 mm (9' 10")
Altura:	3.400 mm (11' 2")
Peso:	30.000 kg (66.100 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT200HPS

- cribas de uno o dos pisos disponibles
- construida alrededor de la probada trituradora de cono HP200
- versatilidad completa con otras Lokotracks



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de cono Nordberg HP200

- Abertura máxima de alimentación hasta 210 mm (8,27")
- Accionamiento hidráulico con velocidad ajustable

<b>Criba</b>	de 1 piso, TK13-30S	de 2 pisos, TK15-30-2S
- Anchura de criba	1,3 m (4' 3")	1,5 m (4' 11")
- Longitud de criba	3,0 m (9' 10")	3,0 m (9' 10")

#### Alimentador de cinta H10-6

- Anchura de cinta 1.000 mm (39")
- Tamaño de tolva de alimentación 5,0 m<sup>3</sup> (6,5 yd.<sup>3</sup>)
- Accionamiento hidráulico

#### Cinta transportadora principal H8-10

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Accionamiento hidráulico

#### Motor

- Caterpillar C13
- Potencia 310 kW (415 CV)

**Capacidad máxima** 250 tph (275 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Longitud	19.000 mm (62' 3")
Anchura	3.100 mm (122")
Altura	3.600 mm (11' 10")
Peso	40.000 kg (88.000 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT7150

- para producir áridos de alta calidad y arenas
- manejo y mantenimiento rápidos y sencillos
- costes reducidos en piezas de desgaste
- velocidad de trituradora ajustable por el panel de control



### Componentes de la unidad

**Trituradora**

Trituradora de impacto con eje vertical Barmac B7150M

**Alimentador de cinta H10-6**

- Anchura de cinta 1.000 mm (39")
- Longitud 6.000 mm (20')
- Tamaño de tolva de alimentación 5,0 m<sup>3</sup> (6,5 yd.<sup>3</sup>)
- Accionamiento hidráulico

**Cinta transportadora principal H8-10**

- Anchura de cinta 800 mm (32")
- Altura de descarga 3.020 mm (9' 11")
- Accionamiento hidráulico

**Motor**

- Caterpillar C13
- Potencia 310 kW (415 CV)

**Capacidad máxima** 250 tph (275 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Longitud:	16.800 mm (55')
Anchura:	3.000 mm (10')
Altura:	3.400 mm (11' 2")
Peso:	30.000 kg (66.100 lb)

# Lokotrack



## Lokotrack LT1100

- construcción resistente pero móvil
- trituradora de cono GP11 potente y probada
- excelente altura respecto del terreno
- servicio posventa en todo el mundo ofrecido por Metso Minerals



### Componentes de la unidad

#### Trituradora

Trituradora de cono Nordberg GP11F o GP11M

- Aberturas de alimentación nominales:

GP11F grueso:	200 mm (8")
GP11M grueso:	180 mm (7")
Extragrueso:	220 mm (9")

#### Criba

Criba horizontal de 3 pisos B380T

- Tamaño de criba 1.600 x 5.450 mm (5' 3" x 17' 8")

#### Motor

Caterpillar C13 310 kW (415 CV)

#### Rendimiento

Tamaño de alimentación máximo: 190 mm (7½")

Tamaño de producto máximo: 75 mm (3")

**Capacidad máxima** 350 tph (385 tcph)

### Dimensiones

(Transporte, unidad estándar con cintas transportadoras laterales)

Longitud:	18.500 mm (60' 9")
Anchura:	3.500 mm (11' 6")
Altura:	3.800 mm (12' 6")
Peso:	51.200 kg (113.000 lb)

# Lokotrack





# Lokotrack ST272

- criba de gran tamaño, dos pisos y dos apoyos con una amplia gama de material de cribado
- unidad altamente versátil aplicable para la preparación de la alimentación de una trituradora primaria o el cribado de producto final
- facilidad de uso y producción maximizada gracias al sistema de automatización inteligente
- fiabilidad sin rival para una máxima disponibilidad de la máquina



## Componentes de la unidad

### Alimentador de placas

Altura de carga:	3.505 mm (11' 6")
Anchura de carga:	3.000 mm (9' 10")
Anchura de alimentador:	1.200 mm (4')

### Criba

Tamaño de criba	4.870 x 1.520 mm (16' x 5')
Criba de dos rodamientos	

### Cintas transportadoras

#### Cinta transportadora de excesos

- Anchura	1.200 mm (4' 11")
- Altura de descarga	2.700-3.700 mm (8' 10" - 12' 2")

#### Cintas transportadoras laterales (2)

- Anchura	800 mm (2' 7")
- Altura de descarga	3.870 mm (12' 7")

#### Cinta transportadora de finos

- Anchura	1.200 mm (3' 11")
- Longitud	4.000 mm (13' 1")

### Motor

Deutz	TCD 2013 L042V
Potencia	125 kW (170 CV)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Anchura	3.000 mm (9' 10")
Altura	3.560 mm (11' 8")
Longitud	14.000 mm (46')
Peso	34.000 kg (75.000 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack ST352

- automatización con el controlador inteligente IC300 de serie
- diseño modular para un servicio técnico rápido y sencillo
- probada criba de 2 rodamientos con ángulo de cribado ajustable
- mecanismo patentado de transporte plegado, para facilitar el transporte



## Componentes de la unidad

### Criba

Tamaño de caja de criba 3.700 mm x 1.500 mm (12' x 5')  
 Tipo de la caja de criba: 2 apoyos

### Tolva y cintas transportadoras

Capacidad de la tolva 7,5 m<sup>3</sup> (9,6 yd.<sup>3</sup>)  
 Altura de carga (con rejilla) 3.200 mm (10' 6")  
 Anchura de carga 4.600 mm (15' 3")  
 Anchura de cinta transportadora de producto 1.200 mm (47")  
 Capacidad de apilado 161 m<sup>3</sup> (210,5 yd.<sup>3</sup>)

### Motor

Marca/modelo del motor Deutz BF4M2012  
 Tipo de motor diésel de 4 cilindros refrigerado por agua  
 Potencia del motor 74 kW (100 CV)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Anchura 3.000 mm (9' 10")  
 Altura 3.200 mm (10' 10")  
 Longitud 17.000 mm (55' 9")  
 Peso 25.401 kg (56.000 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack ST358

- criba de gran tamaño y doble apoyo
- automatización con el controlador inteligente IC300 de serie
- diseño modular para un servicio técnico sencillo y rápido
- construida con componentes probados de primera calidad



## Componentes de la unidad

### Alimentador

Altura de carga sin rejilla:	2.315 mm (7' 7")
Altura de carga:	4.648 mm (15' 3")
Anchura de carga:	4.400 mm (14' 5")
Anchura de alimentador:	1.050 mm (3' 4")

### Criba

Tamaño de criba	5.480 x 1.520 mm (18' x 5')
Criba de dos pisos	
Area de criba	14,9 m <sup>2</sup> (160 ft <sup>2</sup> )
Criba de dos rodamientos	

### Cintas transportadoras

Cinta transportadora de elevación	
- Anchura	1.050 mm (42")
Cinta transportadora lateral de piso superior	
- Anchura	650 mm (26")
- Altura de descarga	4.440 mm (14' 7")
Cinta transportadora lateral de piso inferior	
- Anchura	800 mm (32")
- Altura de descarga	4.160 mm (13' 7")
Cinta transportadora de producto	
- Anchura	1.200 mm (48")
- Altura de descarga	4.300 mm (14' 1")

### Motor

Deutz	TCD 2013 L042V
Potencia	125 kW (170 CV)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Anchura	3.000 mm (9' 10")
Altura	3.350 mm (11')
Longitud	18.000 mm (59')
Peso	28.000 kg (61.000 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack ST458

- criba de gran tamaño, tres pisos y doble apoyo
- automatización con el controlador inteligente IC300 de serie
- diseño modular para un servicio técnico sencillo y rápido
- la mayor tolva de su clase de tamaño



## Componentes de la unidad

### Alimentador

Altura de carga sin rejilla:	2.315 mm (7' 7")
Altura de carga:	4.648 mm (15' 3")
Anchura de carga:	4.400 mm (14' 5")
Anchura de alimentador:	1.050 mm (3' 4")

### Criba

Tamaño de criba	5.480 x 1.520 mm (18' x 5')
Criba de tres pisos	
Area de criba	22,29 m <sup>2</sup> (270 ft <sup>2</sup> )
Criba de dos rodamientos	

### Cintas transportadoras

Cinta transportadora de elevación	
- Anchura	1.050 mm (42")
Cinta transportadora lateral de piso superior	
- Anchura	650 mm (26")
- Altura de descarga	4.440 mm (14' 7")
Cinta transportadora lateral de piso central	
- Anchura	800 mm (32")
- Altura de descarga	3.880 mm (12' 8")
Cinta transportadora lateral de piso inferior	
- Anchura	800 mm (32")
- Altura de descarga	4.160 mm (13' 7")
Cinta transportadora de producto	
- Anchura	1.200 mm (48")
- Altura de descarga	4.300 mm (14' 1")

### Motor

Deutz	TCD 2013 L042V
Potencia	125 kW (170 CV)

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

Anchura	3.000 mm (9' 10")
Altura	3.350 mm (11')
Longitud	18.000 mm (59')
Peso	28.000 kg (61.000 lb)

# Lokotrack





# Lokotrack ST620

- alta capacidad de cribado continuo
- fácil de usar con aplicaciones de trituración móvil
- fácil de usar, con arranque del proceso presionando un solo pulsador
- criba probada y eficiente de tres pisos
- servicio posventa garantizado por Metso Minerals



## Componentes de la unidad

### Criba

Criba de tres pisos Nordberg DS303

- Anchura de piso: 1.800 mm (5' 11")
- Longitud de piso: 6.000 mm (19' 8")
- Área: 11 m<sup>2</sup>/piso (118'<sup>2</sup>)

### Motor:

- Potencia: CAT C6.6  
168 kW (225 CV)

### Cintas transportadoras

Cinta transportadora de elevación: H12-11 (alimentación sobre la criba)

- Anchura de cinta: 1.200 mm (3' 11")

Cinta transportadora de descarga: H12-9 (material insuficiente del piso inferior)

- Anchura de cinta: 1.200 mm (3' 11")

Cinta transportadora lateral: H8-8 (exceso de material del piso superior)

- Anchura de cinta: 800 mm (2' 7")

Cintas transportadoras laterales: H6,5-8 (exceso de material de los pisos de criba central e inferior)

- Anchura de cinta: 650 mm (2' 2")

## Dimensiones

(Transporte, unidad estándar)

- Longitud: 14.900 mm (48' 10")
- Anchura: 3.000 mm (9' 10")
- Altura: 3.800 mm (12' 5")
- Peso: 27.600 kg (60.720 lb)
- Cintas transportadoras laterales (tres unidades): 3.900 kg (8.580 lb)

# Lokotrack



# Lokotrack ST620F

- criba horizontal de tres pisos y alta capacidad
- cuatro productos finales calibrados disponibles
- controles IC300 inteligentes
- todas las cintas transportadoras plegables para el transporte



## Componentes de la unidad

<b>Alimentador</b>	Placas	Cinta
- Altura de carga	3.500 mm (11' 6")	2.850 mm (9' 4")
- Altura de carga	3.125 mm (10' 3")	2.790 mm (9' 2")
- Anchura de alimentador	1.100 mm (3' 7")	1.200 mm (3' 11")
<b>Criba</b>		
- Longitud		6.100 mm (20')
- Anchura		1.939 mm (6' 4")
- Area de criba/piso		10,9 m <sup>2</sup> (13.0 yd <sup>2</sup> )
<b>Cintas transportadoras</b>		
Cinta transportadora de excesos		
- Anchura		1.200 mm (47")
- Altura de descarga		2.800-4.200 mm (9' 2"-13' 9")
Cintas transportadoras laterales (3)		
- Anchura		800 mm (32")
- Altura de descarga		3.500 mm (11' 6")
Cinta transportadora de finos		
- Anchura		1.200 mm (47")
- Longitud		7.000 mm (22' 12")
<b>Motor</b>		
Marca/modelo del motor		Caterpillar C6.6
Potencia		168 kW (225 CV)

## Dimensiones

<b>Transporte</b>	Placas	Cinta
Longitud	18.500 mm (60' 9")	21.250 mm (69' 9")
Anchura	3.450 mm (11' 4")	3.450 mm (11' 4")
Altura	3.660 mm (12')	3.660 mm (12')
Peso	49.500 kg (109.000 lb)	46.000 kg (101.400 lb)

# Nordberg



# Nordberg SW348

- equipada con probadas cribas de 4 rodamientos
- ajuste hidráulico de la velocidad de la cinta transportadora lateral de la criba superior
- fácil de usar con aplicaciones de trituración móvil
- mayor seguridad gracias a su sistema de parada de emergencia



## Componentes de la unidad

### Criba

Tamaño de caja de criba 2.400 mm x 1.200 mm (8' x 4')  
 Tipo de la caja de criba: 4 rodamientos

### Tolva y cintas transportadoras

Capacidad de la tolva 5,3 m<sup>3</sup> (6,9 yd<sup>3</sup>)  
 Altura de carga 3.300 mm (10' 8")  
 Anchura de carga 3.800 mm (12' 6")  
 Anchura de cinta transportadora de alimentación 1.050 mm (42")  
 Anchura de cinta transportadora de producto 1.000 mm (40")  
 Cintas transportadoras laterales (2) con anchura de 650 mm (26")

### Motor

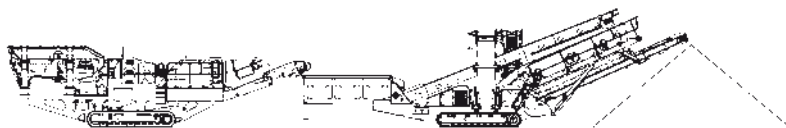
Marca/modelo del motor Deutz F4L1011  
 Potencia 37 kW (49 CV)

## Dimensiones

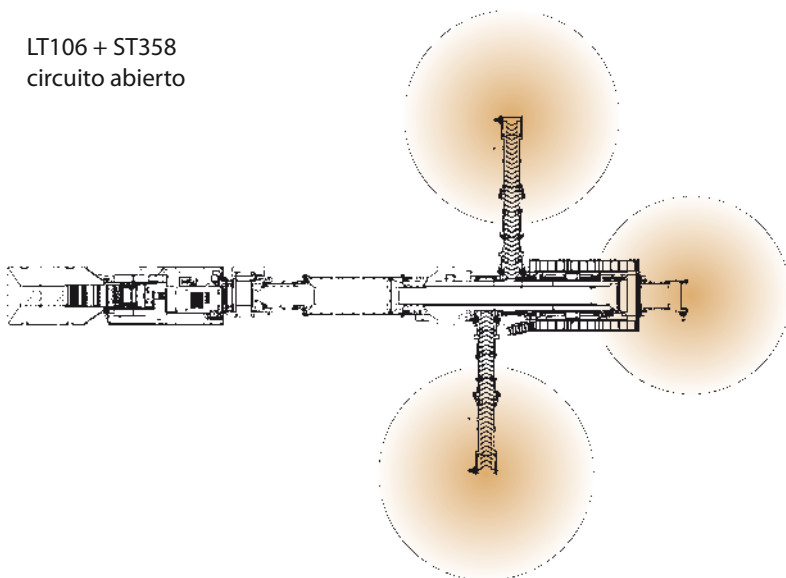
(Transporte, unidad estándar)

Anchura 2.500 mm (8' 2")  
 Altura 3.900 mm (13')  
 Longitud 12.200 mm (40' 3")  
 Peso 13.820 kg (30.473 lb)

## Plantas de mandíbulas y cribas móviles



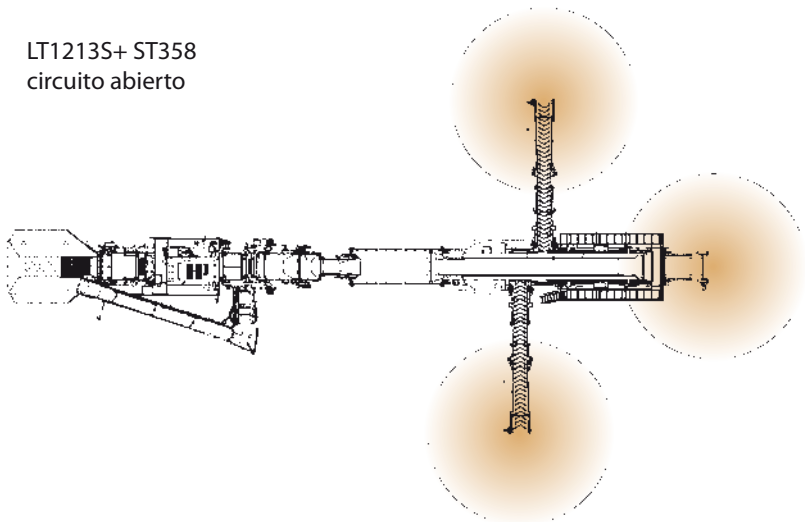
LT106 + ST358  
circuito abierto

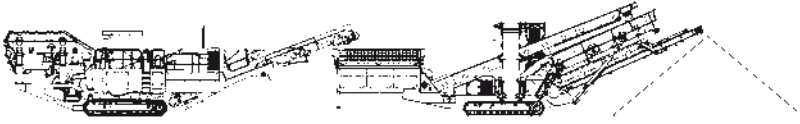


## Plantas por impacto y cribas móviles

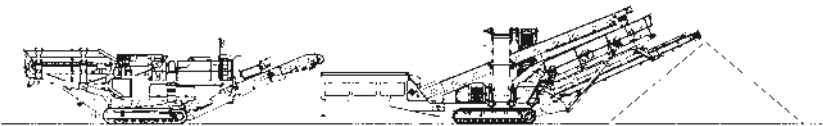
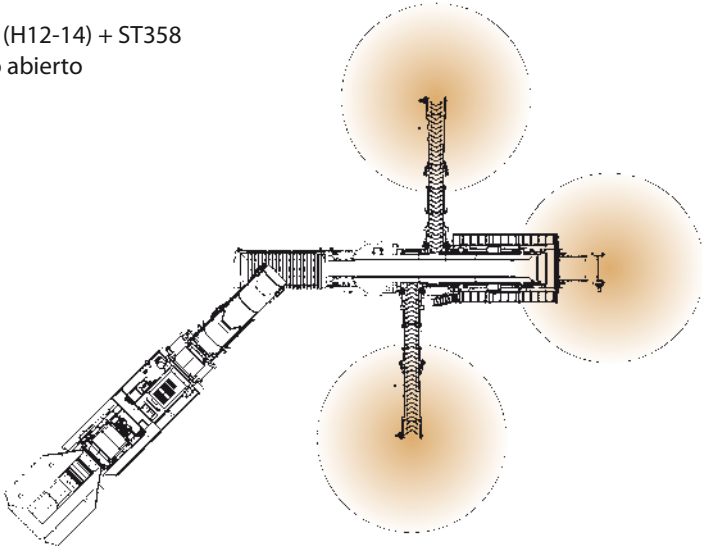


LT1213S+ ST358  
circuito abierto

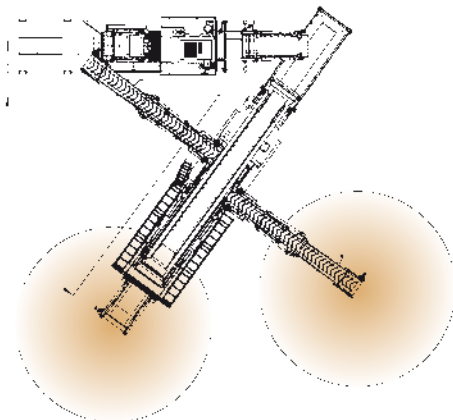




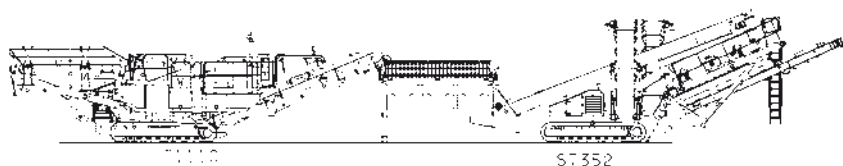
LT1213 (H12-14) + ST358  
circuito abierto



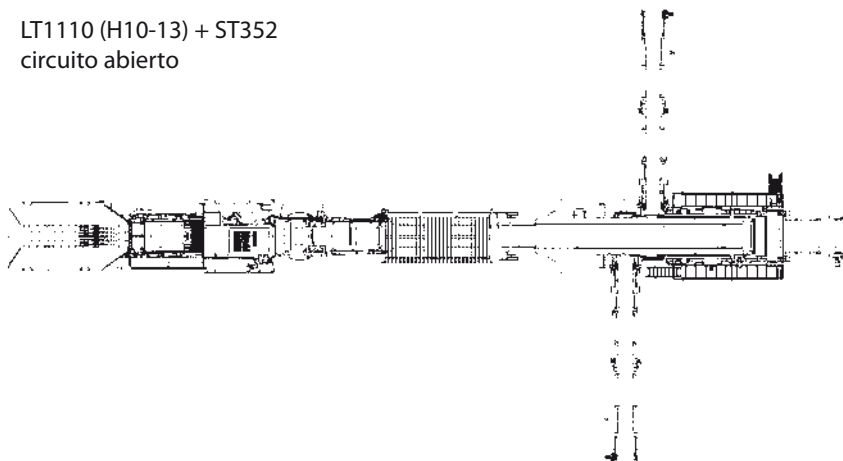
LT1110 (H10-10) + ST352  
circuito cerrado



## Plantas por impacto y cribas móviles



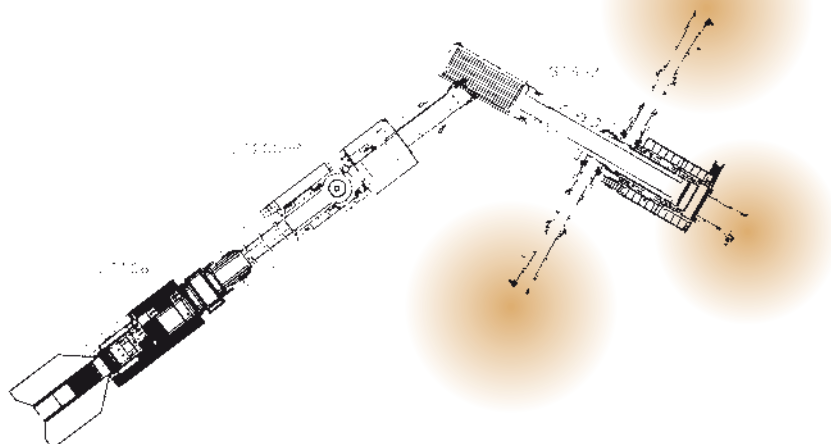
LT1110 (H10-13) + ST352  
circuito abierto



## Plantas de mandíbulas y de cono con cribas móviles

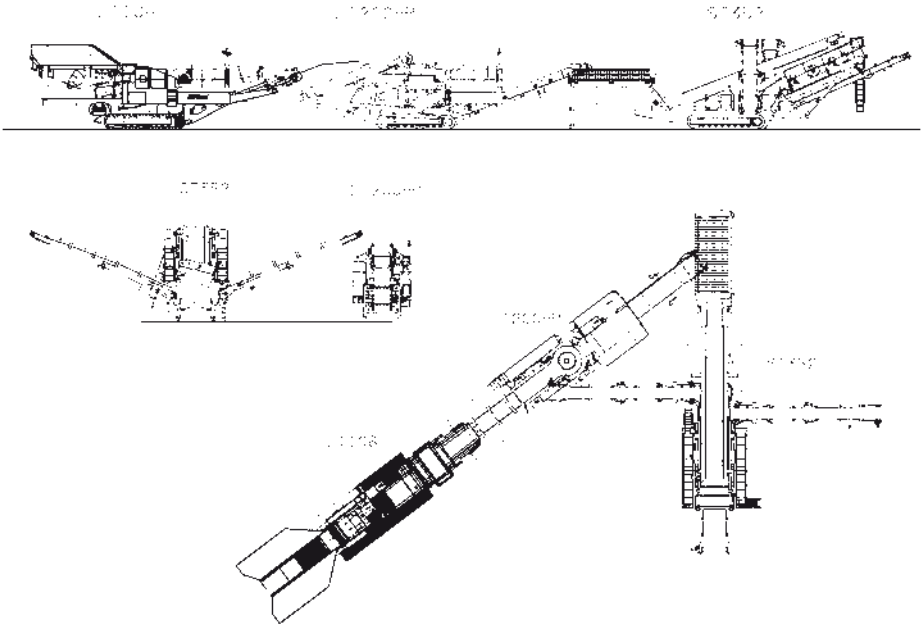


LT106 + LT200HP + ST352  
circuito abierto

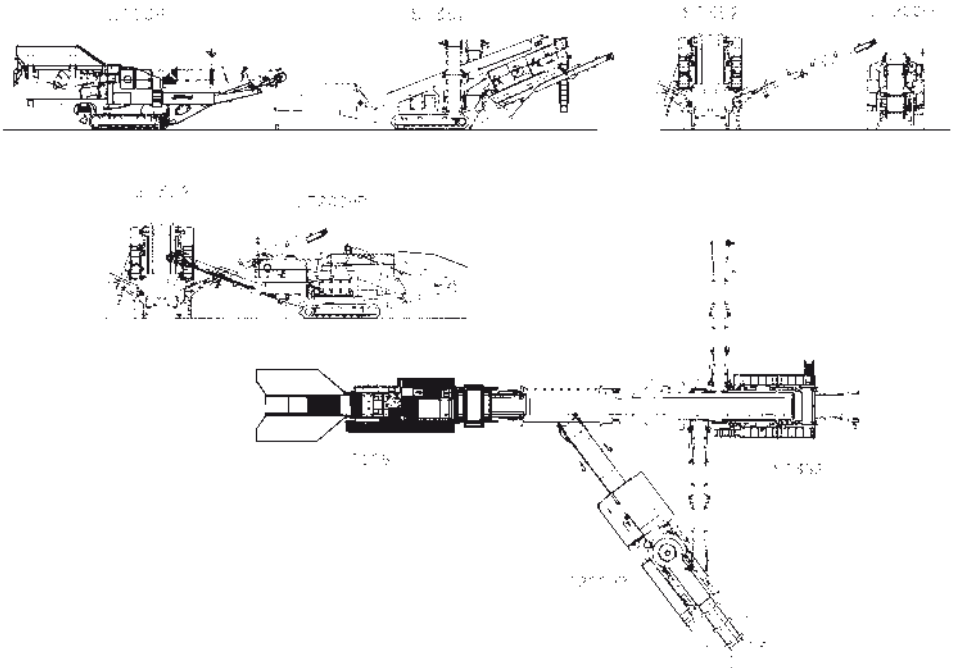




Máximo control del tamaño:  
LT106 + LT200HP +ST352, circuito cerrado



Máxima capacidad:  
LT106 + LT200HP +ST352, circuito cerrado





## **PLANTAS PORTATILES NORDBERG SERIE NW**

### **Generalidades**

Las plantas portátiles de la serie Nordberg NW son las más convenientes para construir incluso los más complejos procesos de trituración y cribado. Son muy fáciles de trasladar de emplazamiento a emplazamiento y, si fuera necesario introducir cambios al proceso, es muy fácil añadir, quitar o recolocar unidades.

Las unidades portátiles de la serie NW pueden ser usadas como unidades individuales o en sistemas con etapas múltiples de trituración y cribado.

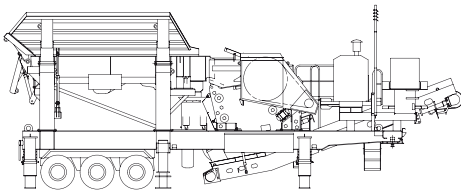
Las unidades portátiles de la serie NW pueden ser equipadas con varias trituradoras de mandíbulas, cono, impactos de eje horizontal o vertical, cribas y alimentadores.

Gracias a la alta calidad de sus componentes, estas unidades son muy fiables y productivas.



**Plantas primarias**

Estas plantas consisten en una trituradora de mandíbulas de la Serie C o una trituradora de impactos Serie NP, alimentador vibratorio con precribador de barras y una cinta transportadora de producto. La configuración básica emplea un alimentador con precribador de barras equipado con una tolva de gran dimensión para alimentación con pala cargadora. También está disponible una configuración para carga trasera con camiones basculantes usando una tolva extensible independiente.

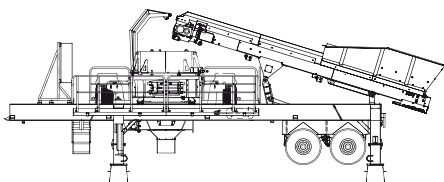
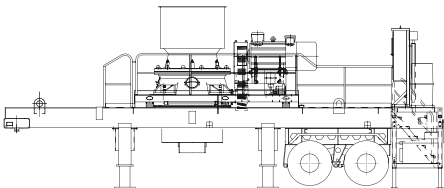

**Estaciones de alimentación**

Plantas formadas por silo, alimentador vibratorio, generalmente alimentadas por palas cargadoras frontales. Se destinan al tratamiento de materias primas tales como, grava natural y rocas finas de voladura o trituración.

**Plantas con trituradoras de cono y de impactos de eje vertical sin criba**

Estas plantas con una sola trituradora consisten en una trituradora de cono (serie HP o GP), Barmac, fijada al bastidor.

Son plantas totalmente móviles, de construcción modular, preparadas para operación inmediata en el emplazamiento.





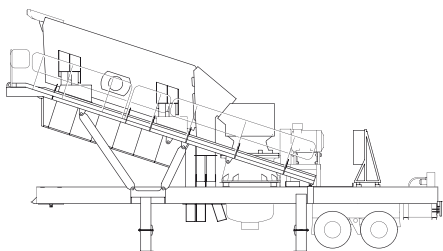
**Plantas de trituración secundaria y terciaria con criba**

Configuración básica: Criba, trituradora de cono GP o HP, o Barmac VI.

Tamaños disponibles para trituradoras de cono 100 y 200 así como para Barmac 6150 y 7150.

La criba usada es una criba inclinada CVB con cuatro pisos para poder producir cuatro productos y recircular el material sobredimensionado.

Las cintas transportadoras son separadas, no viajan con la planta.



## Plantas de cribado

Las unidades de cribado portátiles Nordberg son muy eficientes en todos los procesos de cribado. Están disponibles varios modelos con cribas FS o CVB con dos o cuatro pisos.



## Plantas de trituración y cribado de dos etapas en circuito cerrado

Unidad compacta, de dos etapas, en circuito cerrado, capaz de producir finos hasta cuatro rangos de separación, así como finos naturales, disponible en tres modelos básicos.

La NW80 100HPS formada por trituradoras C80 y HP100, cribas horizontales con movimiento elíptico y cinta transportadora de 42°.

La NW80 200HPS es una configuración similar equipada con una trituradora de cono secundaria HP200.

con una trituradora de mandíbulas más grande para mayor capacidad y mayor tamaño de alimentación.

Estas plantas son utilizadas para trituración intermedia o final en operaciones de media y gran dimensión.



El tercer modelo es la NW95 200HPS equipada

## Trituradora de Mandíbulas Nordberg C80 o C95

Esta construcción ofrece la mayor resistencia posible a la fatiga, excelente fiabilidad, disponibilidad excepcionalmente alta de la trituradora y bajo coste por tonelada producida.

## Alimentador de velocidad variable

Alimentador vibrante MV35080 con tolva amplia y robusta. Control de la alimentación a través de convertidor de frecuencia para variación continua de velocidad.

## Trituradora de cono secundaria Nordberg HP100 o HP200

Excelente productividad, bajos costes operacionales y de desgaste, larga vida útil, alto rendimiento y productos de óptima calidad son algunos de las ventajas de la serie HP (High Performance).

El sistema hidráulico de regulación de la abertura garantiza las condiciones ideales para equilibrar el circuito de trituración y optimizar la productividad de la planta.

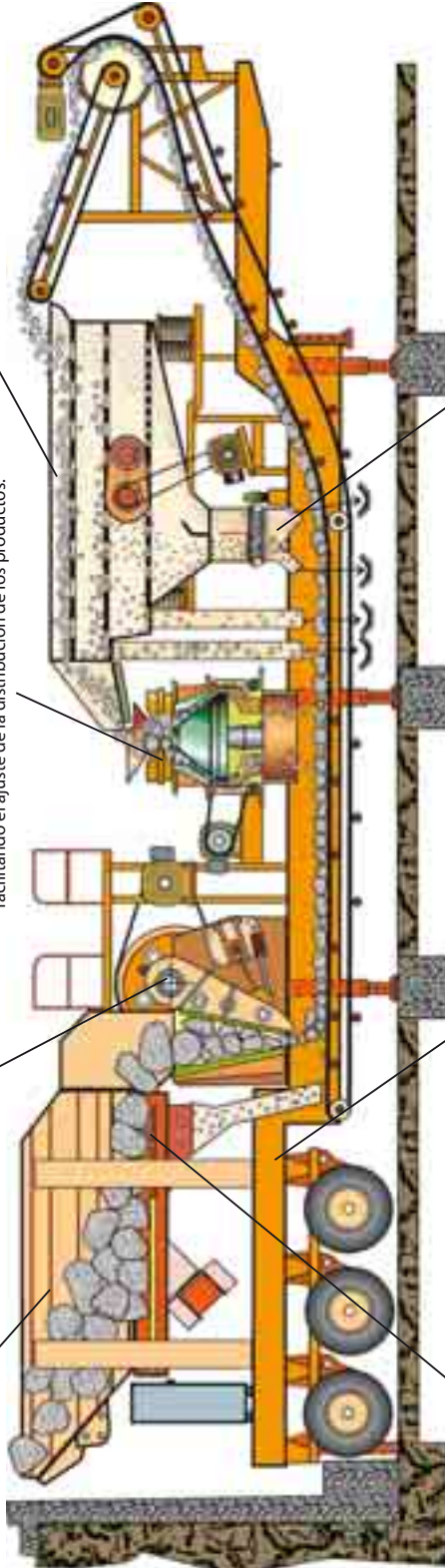
Excelente capacidad de aceptar tamaños de alimentación más grandes gracias a la construcción extra robusta de su cavidad.

Su mayor capacidad de trituración secundaria y abertura de entrada más amplia no limitan la abertura de salida de la trituradora primaria. La altura reducida de la trituradora secundaria también permite el retorno del segundo piso de la criba, facilitando el ajuste de la distribución de los productos.

## Criba vibrante horizontal

Criba vibrante de alta capacidad, movimiento elíptico y tres pisos, 1,5m x 3,6m (5' x 14'), ofrece mayor área de cribado y libre acceso trasero.

Ajuste fácil de la amplitud y ángulo de vibración mediante el sistema inteligente de control de la velocidad\*. El movimiento elíptico proporciona clasificación más eficiente y sin atascamiento para 3 o 4 productos.



## Criba de escalpaje

de finos naturales: aumenta la capacidad de la trituradora. Se puede quitar este material y apilarlo mediante un equipo opcional.

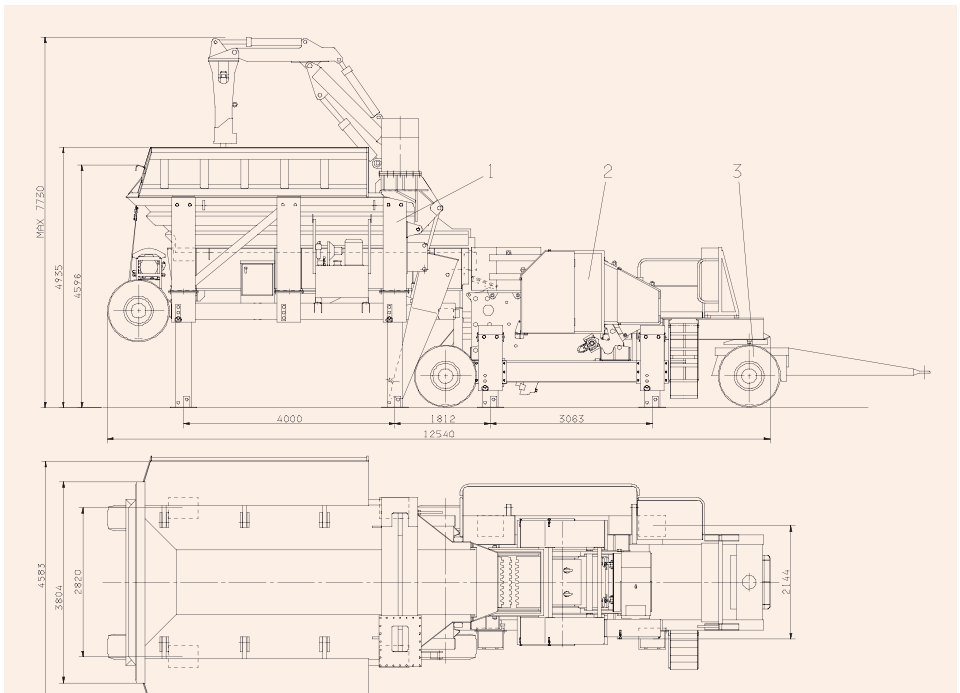
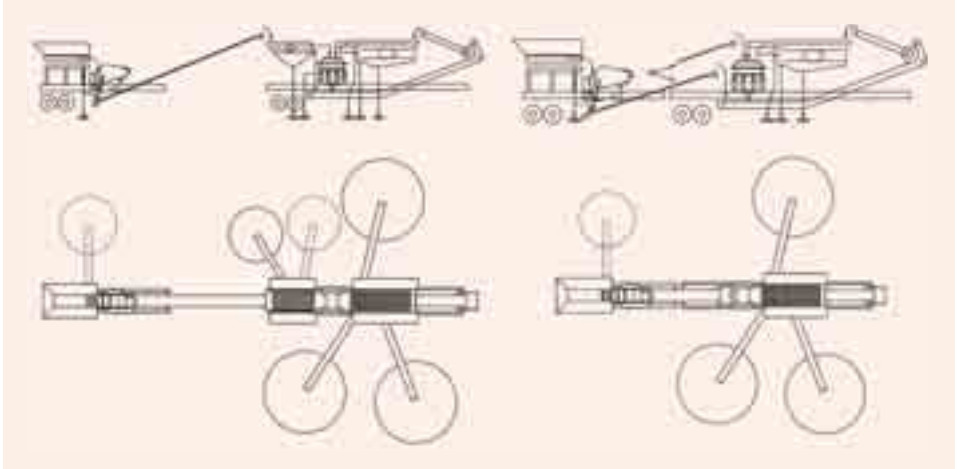
## Bastidor rígido y robusto

Este bastidor resistente soporta todos los equipos, reduciendo las vibraciones. Suspensión formada por tres ejes y doce neumáticos 11R22.5. Dotado de frenos de aire comprimido y luces de freno. Traslado a lugares de difícil acceso gracias a su excelente estabilidad y poco peso.

\*Excluyendo los transportadores de salida, pero incluyendo todos los motores eléctricos de la unidad, las dimensiones y pesos indicados son aproximados y exclusivamente informativos. Para instalación/montaje, Metso Minerals suministra diseños certificados. Los valores de capacidad están basados en granito con densidad aparente de 1600 kg/m<sup>3</sup> (100 lb/ft<sup>3</sup>) también son aproximados y dan una indicación de la capacidad de producción de la planta. El reglaje recomendado depende del tamaño del material da alimentación, su triturabilidad (Wi) y la capacidad requerida. Para aplicaciones específicas póngase en contacto con Metso Minerals.

**Plantas portátiles especiales**

Como se ilustra en el diseño, Metso puede proyectar plantas móviles especiales según las necesidades específicas de la aplicación.


**NW100UG**

Para aplicación de minería subterránea, para transporte en galerías estrechas y bajas.


**NW105 con criba primaria de barras en la tolva de alimentación**

Para impedir la entrada de material sobredimensionado en la trituradora. Alternativa al martillo rompedor hidráulica.

**Plantas de mandíbulas Nordberg Serie NW**


Tipo	NW80	NW96	NW106	NW116	NW110	NW3054	NW125	NW140
<b>Dimensiones de transporte</b>							*	*
Longitud	9.400 mm	12.000 mm	13.500 mm	15.300 mm	15.000 mm	15.100 mm	17.500 mm	17.500 mm
Anchura	2.500 mm	2.500 mm	3.000 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.320 mm	3.500 mm	3.500 mm
Altura	4.050 mm	3.300 mm	3.700 mm	4.100 mm	4.500 mm	4.100 mm	4.500 mm	4.500 mm
Peso	19.600 kg	26.000 kg	35.500 kg	47.000 kg	62.300 kg	58.000 kg	74.000 kg	76.800 mm
Peso del eje	9.100 kg	16.000 kg	20.000 kg	30.800 kg	41.000 kg	36.500 kg	44.000 kg	46.300 kg
Peso del pivote principal	10.400 kg	10.000 kg	15.500 kg	16.200 kg	21.000 kg	21.500 kg	30.000 kg	30.500 kg
Trituradora	C80	C96	C106	C116	C110	C3054	C125	C140
Abertura de alimentación								
- anchura de entrada	800 mm	930 mm	1.060 mm	1.150 mm	1.100 mm	1.375 mm	1.250 mm	1.400 mm
- profundidad de entrada	510 mm	580 mm	700 mm	800 mm	850 mm	760 mm	950 mm	1.070 mm
Rango de reglaje	40-175 mm	60-175 mm	70-200 mm	70-200 mm	70-200 mm	70-200 mm	100-250 mm	125-250 mm
Potencia del motor	75 kW	90 kW	110 kW	132 kW	160 kW	160 kW	160 kW	200 kW
Alimentador	TK8-27-2V	TK8-32-2V	TK11-42-2V	TK11-48-2V	VF561-2V	VF561-2V	VF561-2V	B16-50-3V
- longitud	2.700 mm	3.200 mm	4.200 mm	4.800 mm	6.100 mm	6.100 mm	6.100 mm	5.000 mm
- anchura	800 mm	800 mm	1.100 mm	1.100 mm	1.300 mm	1.300 mm	1.300 mm	1.600 mm

\* Para pulgadas, divida por 25,4 Para libras, divida por 0,45 Para pies cuadrados, multiplique por 35,3.



**Plantas de cono Nordberg Serie NW GP y HP**


Tipo	NW100GPC	NW100HPC	NW200GPC	NW200HPC
<b>Dimensiones de transporte</b>				
Longitud	12.600 mm	16.400 mm	13.300 mm	13.500 mm
Anchura	2.500 mm	2.500 mm	2.900 mm	2.980 mm
Altura	4.060 mm	4.000 mm	4.315 mm	4.370 mm
Peso	25.400 kg	25.000 kg	34.400 kg	35.000 kg
Peso del eje	12.000 kg	11.700 kg	19.000 kg	19.500 kg
Peso del pivote principal	13.400 kg	13.300 kg	15.400 kg	15.000 kg
Trituradora	GP100, GP100S	HP100	GP200, GP200S	HP200
Abertura de alimentación	40-150 mm (GP100) 200-250 mm (GP100S)	20-150 mm -	40-210 mm (GP200) 250-330 mm (GP200S)	95-185 mm -
Rango de reglaje	15-22 mm (GP100) -	6-21 mm -	10-30 mm (GP200) 24-52 mm (GP200S)	14-19 mm -
Potencia del motor	90 kW	90 kW	160 kW	132 kW
Alimentador	CVB1540-4	CVB1540-4	CVB 1845-4	CVB 1845-4
- longitud	4.000 mm	4.000 mm	4.500 mm	4.500 mm
- anchura	1.500 mm	1.500 mm	1.800 mm	1.800 mm

Tipo	NW100GP	NW200GP	NW300GP	NW550GP	NW500GP
<b>Dimensiones de transporte</b>					
Longitud	10.000 mm	10.600 mm	10.700 mm	13.000 mm	15.000 mm
Anchura	2.500 mm	3.000 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm
Altura	4.150 mm	4.000 mm	4.300 mm	4.300 mm	4.500 mm
Peso	14.000 kg	20.200 kg	30.000 kg	43.800 kg	54.500 kg
Peso del eje	8.700 kg	14.100 kg	20.000 kg	28.000 kg	35.800 kg
Peso del pivote principal	5.300 kg	6.100 kg	10.000 kg	15.800 kg	18.700 kg
Trituradora	GP100, GP100S	GP200, GP200S	GP300	GP550	GP500S
Abertura de alimentación	40-150 mm (GP100) 200-250 mm (GP100S)	40-210 mm (GP200) 250-330 mm (GP200S)	40-260 mm (GP300) 280-380 mm (GP300S)	40-275 mm -	380-500 mm -
Rango de reglaje	6-22 mm (GP100) 24-46 mm (GP100S)	10-30 mm (GP200) 24-52 mm (GP200S)	22-41 mm (GP300) 28-53 mm (GP300S)	8-46 mm -	30-77 mm -
Potencia del motor	90 kW	160 kW	250 kW	315 kW	315 kW

Tipo	NW100HP	NW200HP	NW300HP	NW4HP	NW400HP	NW500HP
<b>Dimensiones de transporte</b>						
Longitud	10.000 mm	10.600 mm	13.700 mm	13.500 mm	13.500 mm	15.000 mm
Anchura	2.500 mm	3.000 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm
Altura	4.150 mm	3.600 mm	4.300 mm	4.400 mm	4.400 mm	4.500 mm
Peso	14.000 kg	23.000 kg	35.000 kg	39.500 kg	39.500 kg	52.500 kg
Peso del eje	8.700 kg	15.000 kg	22.000 kg	24.500 kg	24.500 kg	35.000 kg
Peso del pivote principal	5.300 kg	8.000 kg	13.000 kg	15.000 kg	15.000 kg	17.500 kg
Trituradora/Criba	HP100	HP200	HP300	HP4	HP400	HP500
Abertura de alimentación	20-150 mm	25-185 mm	25-233 mm	74-252 mm	30-299 mm	35-335 mm
Rango de reglaje	6-35 mm	6-40 mm	6-50 mm	8-45 mm	10-65 mm	8-65 mm
Potencia del motor	90 kW	132 kW	200 kW	315 kW	315 kW	355 kW

Para pulgadas, divida por 25,4 Para libras, divida por 0,45 Para cv multiplique por 1,36.

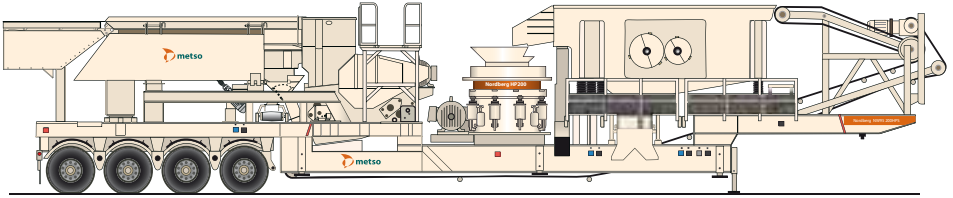
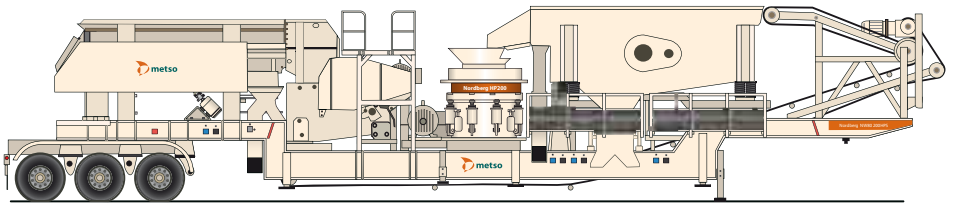
**Plantas VSI Nordberg Serie NW**


PLANTAS NW VSI	NW7150	NW9100	NW6150C	NW7150 C
<b>Dimensiones de transporte</b>				
Longitud	11.605 mm	11.605 mm	12.560 mm	12.400 mm
Anchura	2.990 mm	2.990 mm	2.500 mm	2.990 mm
Altura	4.410 mm	4.410 mm	4.060 mm	4.280 mm
Peso	26.300 kg	26.300 kg	24.200 kg	28.500 kg
Peso del eje	16.700 kg	16.700 kg	11.200 kg	14.500 kg
Peso del pivote principal	9.600 kg	9.600 kg	13.000 kg	14.000 kg
Trituradora	Barmac 7150SE	Barmac 9100SE	Barmac 6150SE	Barmac 7150SE
Tamaño máximo de alimentación	66 mm	66 mm	43 mm	66 mm
Rango de capacidad de producción	200-424 tmph 220-466 tcph	420-703 tmph 462-774 tcph	77-202 tmph 85-222 tcph	150-345 tmph 165-375 tcph
Volumen de la tolva de alimentación	9 m <sup>3</sup>	9 m <sup>3</sup>	-	-
Potencia del motor	2 x 160 kW	2 x 350 kW	132 kW	200 kW
Criba	-	-	Nordberg CVB1540-4	Nordberg CVB1845-4
- longitud	-	-	4.000 mm	4.500 mm
- anchura	-	-	1.500 mm	1.800 mm
- número de pisos	-	-	4	4

**Plantas de cribado Nordberg Serie NW**


PLANTAS NW VSI	NW302FS	NW303FS	NW353FS	NW403FS	NW1845CVB	NW2060CVB
<b>Dimensiones de transporte</b>					*	*
Longitud	16.700 mm	17.600 mm	16.400 mm	13.400 mm	12.500 mm	12.500 mm
Anchura	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.500 mm	3.000 mm	3.000 mm
Altura	4.450 mm	4.250 mm	4.495 mm	4.500 mm	4.400 mm	4.500 mm
Peso	32.200 kg	35.500 kg	39.300 kg	32.900 kg	25.000 kg	28.000 kg
Peso del eje	26.300 kg	21.000 kg	24.350 kg	20.500 kg	16.100 kg	18.000 kg
Peso del pivote principal	5.900 kg	14.500 kg	14.950 kg	12.400 kg	8.900 kg	10.000 kg
Criba	FS302	FS303	FS353	FS403	CVB1485	CVB2060
- longitud	6.100 mm	6.100 mm	6.100 mm	6.100 mm	4.500 mm	6.000 mm
- anchura	2.242 mm	2.242 mm	2.242 mm	2.547 mm	1.800 mm	2.000 mm
- número de pisos	2	3	3	3	2, 3 o 4	2, 3 o 4

\*Versión de cuatro pisos Para pulgadas, divida por 25,4 Para libras, divida por 0,45 Para pies cuadrados, multiplique por 35,3 Para tcph multiplique por 1,16.

**Plantas de cono Nordberg Serie NW para trituración en circuito cerrado**
**NW96 200HPS**

**NW80 100HPS – NW80 200HPS**


Modelo	Peso total * t (lb)	Potencia kW (cv)	Dimensiones de transporte mm (")			Dimensiones de operación mm (")		
			Altura	Anchura	Longitud	Altura	Anchura	Longitud
NW80 100HPS	47,5	265,35	4.000	2.500	19.530	4.636	4.077	18.430
	105.200	355,84	13'-1 1/2"	8'-2 3/8"	64'-7/8"	15'-2 1/2"	13'-4 1/2"	60'-5 5/8"
NW80 200HPS	52,9	328,34	4.000	2.500	19.530	4.636	4.077	18.430
	116.960	440,31	13'-1 1/2"	8'-2 3/8"	64'-7/8"	15'-2 1/2"	13'-4 1/2"	60'-5 5/8"
NW96 200HPS	61,1	351,44	4.130	2.630	20.460	5.347	4.087	19.913
	134.680	471,30	13'-6 1/2"	8'-7 1/2"	8'-7 1/2"	17'-6 1/2"	13'-4 7/8"	65'-4"

\* Excluyendo los transportadores de salida, pero incluyendo todos los motores eléctricos de la unidad, las dimensiones y pesos indicados son aproximados y exclusivamente informativos. Para instalación/montaje, Metso Minerals suministra diseños certificados.

Granulometría y capacidad (tmph)				
Modelo	38 mm (1 1/2")	32 mm (1 1/4")	25 mm (1")	19 mm (3/4")
NW80 100HPS	120 - 150	100 - 130	90 - 120	75 - 100
NW80 200HPS	140 - 180	120 - 160	105 - 140	95 - 125
NW96 200HPS	150 - 220	130 - 180	110 - 160	100 - 140

Los valores de capacidad están basados en granito con densidad aparente de 1600 kg/m<sup>3</sup> (100 lb/ft<sup>3</sup>) también son aproximados y dan una indicación de la capacidad de producción de la planta. El reglaje recomendado depende del tamaño del material da alimentación, su triturabilidad (Wi) y la capacidad requerida. Para aplicaciones específicas póngase en contacto con Metso Minerals.

## Conjuntos NW

El concepto de conjuntos NW proporciona una solución única para todas las necesidades de trituración y cribado, sea para una etapa de trituración y cribado, sea para sistemas complejos de etapas múltiples. El nuevo concepto consiste en un gran número de módulos NW combinados con equipos Metso de alta calidad, tales como alimentadores, cribas trituradoras y cintas transportadoras, bien como los accesorios necesarios para construir un conjunto NW capaz de satisfacer los requisitos de alta capacidad y alta calidad del producto final.

Los conjuntos NW portátiles utilizan la energía eléctrica en su operación. Este accionamiento fiable y cuidado con el ambiente permite la utilización de las redes principales de distribución o estaciones generadoras, según la disponibilidad. La operación basada en la energía eléctrica proporciona ahorros muy significativos en los costes de operación y mantenimiento.

Un conjunto NW es la solución perfecta cuando se necesita de movilidad y flexibilidad máxima. Un conjunto de NWs puede ser reagrupado en módulos para satisfacer los requisitos de varios procesos de trituración y cribado. El concepto de conjuntos NW proporciona numerosas posibilidades para configurar circuitos cerrados y abiertos, mezclar flujos de material después del cribado, y distribuir pilas de acopio de productos. El propósito de este concepto único es satisfacer los requisitos de todos los procesos de trituración y cribado mediante la utilización de módulos NW estándar, portátiles de alta calidad. Las cintas transportadoras portátiles de Metso son un componente llave de este concepto. Estas cintas están disponibles en varias longitudes y anchuras a todas las clases de capacidad. Las cintas transportadoras han sido diseñadas especialmente para los conjuntos NW de la manera a facilitar la instalación y a proporcionar una flexibilidad total del proceso.

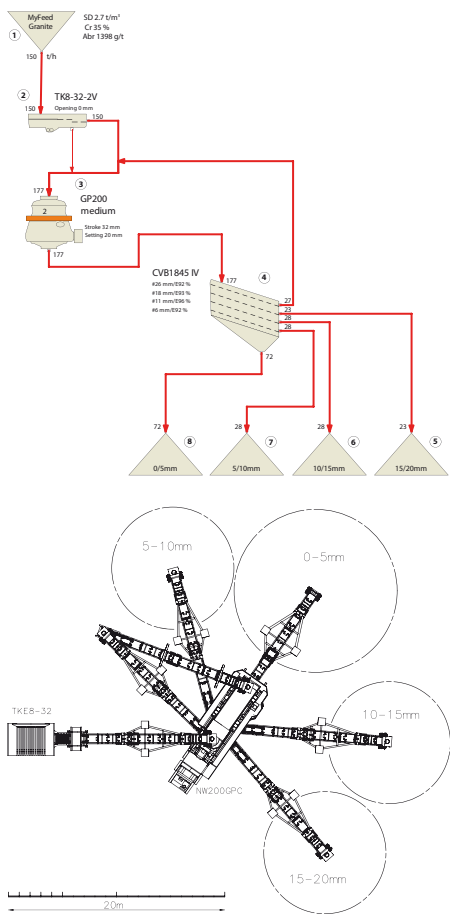
El Bruno, programa de simulación de procesos de Metso Minerals, es una herramienta indispensable para el aprovechamiento de la flexibilidad ofrecida por el concepto de conjuntos NW. Basta introducir la información sobre el material de alimentación al programa de simulación de procesos, para crear y simular con toda facilidad el flujo-jograma de un proceso complejo de trituración y cribado, lo que permite seleccionar y configurar los equipos de manera conveniente y fiable.

Para facilitar la selección de los equipos, Metso Minerals ha desarrollado conjuntos NW estándar

para procesos de trituración y cribado usuales. Estos conjuntos estándar son soluciones comprobadas que pueden ser aplicadas con seguridad o usadas como componentes en la configuración de conjuntos NW construidos a la medida.

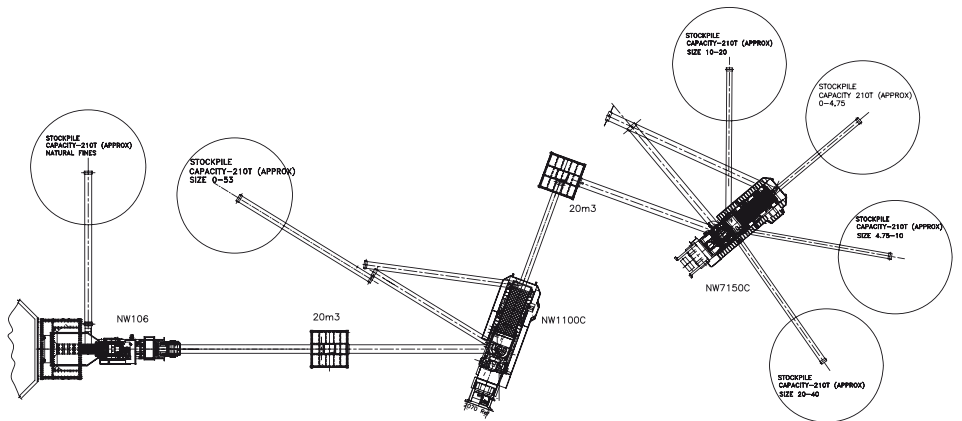
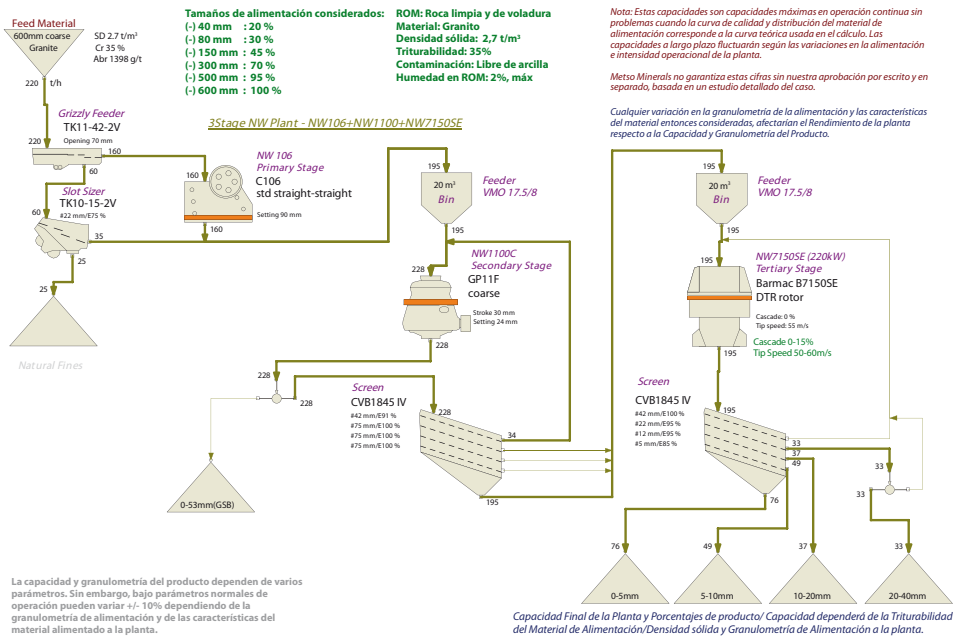
### Ejemplo N° 1 de conjunto NW

Planta de una sola etapa normalmente usada para producir fracciones para asfalto junto a la planta de asfalto. La alimentación es material de trituración secundaria. La capacidad es de 150 t/h.



## Ejemplo N° 2 de conjunto NW

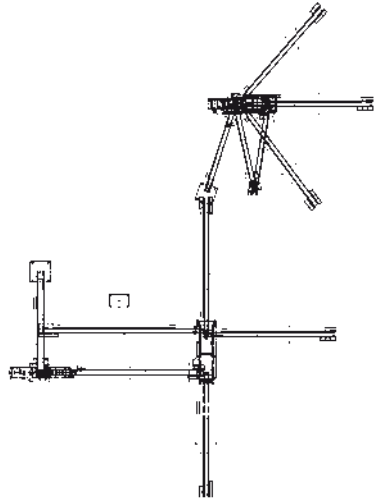
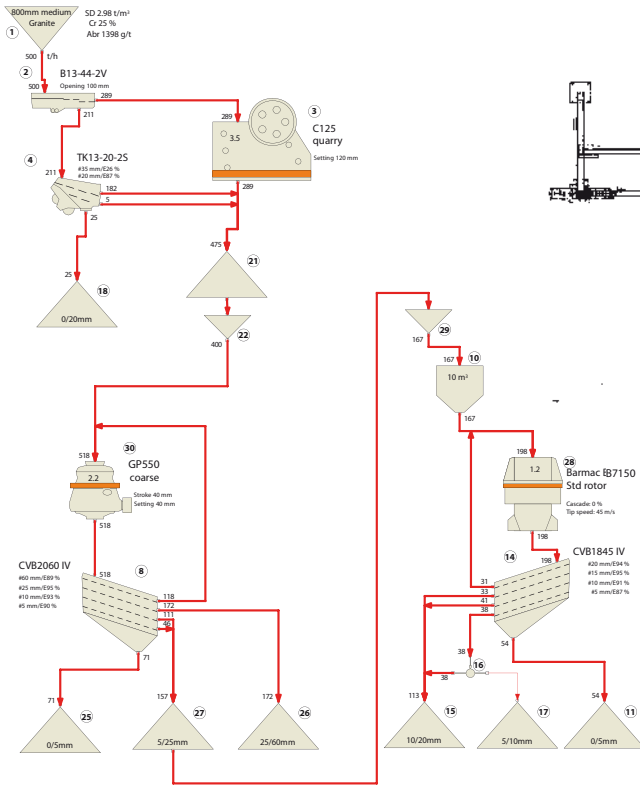
Aridos de alta calidad para construcción de carreteras producidos en tres etapas en una unidad terciaria Barmac Serie B. El material de la base también puede ser producido en dos etapas. Capacidad de 200 t/h.



Equipos Móviles

## Ejemplo N° 3 de conjunto NW

Conjunto NW de alta capacidad para materiales de construcción. Puede producir 400 t/h de áridos de alta calidad.



## GENERALIDADES

Para asegurar un funcionamiento perfecto es indispensable seleccionar los componentes eléctricos apropiados.

## MOTORES

El aislamiento de los motores puede ser de varias clases: A, E, B, F o H. La vida útil de un motor depende de las condiciones en el entorno operativo y la clase de aislamiento. Metso Minerals recomienda la utilización de motores de clase F o H.

### Régimen de servicio

Es el grado de carga regularmente aplicada al motor.

### Eficiencia

Es la relación, en porcentaje, entre la potencia producida por un motor y la potencia que el motor absorbe de la línea.

### Factor de potencia

El factor de potencia (FP) es la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) consumida por un aparato eléctrico.

$$FP = \frac{kW}{kVA}$$

Algunas de las desventajas del bajo Factor de Potencia en una unidad industrial son:

- Mayor amperaje, incrementando las pérdidas en la unidad
- Mayores caídas de tensión
- Reducción de la capacidad de los conductores eléctricos
- Pago de una tasa adicional en la cuenta de electricidad

### Factor de servicio

El factor de servicio (DF) es el factor que siendo aplicado a la potencia nominal indica la carga permisible que puede ser aplicada continuamente al motor bajo condiciones especificadas. Debe tenerse en cuenta que esto se refiere a una capacidad se sobrecarga continua, es decir, una reserva de potencia que le da al motor una mayor capacidad de soportar condiciones de operación adversas.

No debe confundirse el factor de servicio con la capacidad de aceptar sobrecargas transitorias durante algunos minutos.

Un factor de servicio (DF) = 1,0 significa que el motor no ha sido proyectado para operar continuamente arriba de la potencia nominal, lo que, sin embargo, no cambia su capacidad de soportar sobrecargas transitorias.

### Grados de protección

Los grados de protección de los motores han sido estandarizados por ABNT en un código formado por las letras IP y un número de dos dígitos.

Ellos definen el tipo de protección del motor contra la entrada de agua o cuerpos extraños.

**1º dígito:** Indica el grado de protección contra la entrada de cuerpos extraños sólidos y contacto accidental.

- 0 – sin protección
- 1 – cuerpos extraños mayores de 50 mm
- 2 – ídem, mayores de 12 mm
- 3 – ídem, mayores de 2,5 mm
- 4 – ídem, mayores de 1 mm
- 5 – protección contra depósitos de polvo perjudiciales para el motor
- 6 – protección contra la entrada de polvo

**2º dígito:** Indica el grado de protección contra la entrada de agua dentro del motor.

- 0 – sin protección
- 1 – goteo vertical
- 2 – goteo hasta un ángulo de 15° de la vertical
- 3 – agua de lluvia hasta un ángulo de 60° de la vertical
- 4 – goteo desde todas las direcciones
- 5 – chorros de agua desde todas las direcciones
- 6 – protección contra mar gruesa
- 7 – inmersión temporal
- 8 – inmersión permanente

La combinación de dos dígitos, es decir de dos criterios de protección se presenta en la siguiente tabla:

Motor	Clases de protección	Primer dígito		Segundo dígito
		Protección contra el contacto	Protección contra cuerpos extraños	Protección contra el agua
<b>MOTORES ABIERTOS</b>	IP00	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	IP02	Ninguna	Ninguna	Goteo hasta un ángulo de 15° de la vertical
	IP11	Contacto accidental de la mano	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 50 mm	Goteo vertical
	IP12	Contacto de la mano	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 50 mm	Goteo hasta un ángulo de 15° de la vertical
	IP13	Contacto accidental de la mano	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 50 mm	Goteo hasta un ángulo de 60° de la vertical
	IP21	Contacto de los dedos	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 12 mm	Goteo vertical
	IP22	Contacto de los dedos	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 12 mm	Goteo hasta un ángulo de 15° de la vertical
	IP23	Contacto de los dedos	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 12 mm	Goteo hasta un ángulo de 60° de la vertical
<b>MOTORES CERRADOS</b>	IP44	Contacto de herramientas	Contra cuerpos extraños sólidos mayores de 1 mm	Goteo desde todas las direcciones
	IP54	Protección total contra cualquier contacto.	Protección contra depósitos de partículas perjudiciales	Goteo desde todas las direcciones
	IP55	Protección total contra cualquier contacto.	Protección contra depósitos de partículas perjudiciales	Chorros de agua desde todas las direcciones
	IP(w)55	Protección total contra cualquier contacto.	Protección contra depósitos de partículas perjudiciales	Lluvia Brisa marina húmeda



## METODOS DE ARRANQUE

### Arranque directo

Es el método de arranque más simple y consiste en conectar el motor a la línea de alimentación eléctrica aplicando directamente la tensión nominal. Siempre que sea posible los motores trifásicos con rotor en jaula de ardilla deben ser puestos en marcha mediante el método de arranque directo. Las curvas de par y tensión son fijas, a pesar del grado de dificultad del arranque.

**Aplicación:** Normalmente usado para motores de pequeña potencia. En plantas donde la línea de alimentación eléctrica y los demás componentes pueden soportar picos considerables de tensión, los motores pueden arrancar directamente en línea.

**Ventajas:** Par de arranque máximo

**Desventajas:** Alta tensión de arranque

### Arranque estrella-triángulo

Este sistema se usa sólo para motores con tensión nominal para las conexiones en triángulo iguales que la tensión entre las fases de la línea de alimentación eléctrica. Los motores deben tener por lo menos 6 bornes de conexión.

**Aplicación:** Este sistema se usa para el arranque a tensión reducida o cuando el par de arranque no excede el 50% del par nominal del motor.

**Ventajas:** Baja amperaje de arranque (la corriente de arranque se reduce al 25 – 30 % de la corriente de arranque de la conexión en triángulo).

**Desventajas:** El par de arranque es solo 1/3 del nominal. Son necesarios seis alambres (dos cables) para la conexión eléctrica del motor.

### Conexiones normales de los bobinados de motores trifásicos

Bobinados	Tensión nominal	Arranque estrella-triángulo
220 / 380 220 / 380	220 V 380 V	Posible con 220 V Imposible
220 / 440 / 230 / 460 220 / 440 / 230 / 460	220 V/ 230 V 440 V/ 440 V	Imposible Imposible
220 / 380 / 440 220 / 380 / 440 220 / 380 / 440	220 V 380 V 440 V	Posible con 220 V Imposible Imposible
380 / 660	380 V	Posible con 380V
220 / 380 / 440 / 760 220 / 380 / 440 / 760 220 / 380 / 440 / 760	320 V 380 V 440 V	Posible con 220 V Imposible Posible con 440 V

### Arranque por autotransformador

Se usa para arranque "a carga pesada".

**Aplicación:** Para motores de arranque de alta potencia, proporcionando un arranque con características bastante favorables.

**Ventajas:** Limita la corriente de arranque evitando la sobrecarga de la red de alimentación, dejando, sin embargo, el motor con un par suficiente para el arranque y aceleración. Normalmente, el autotransformador posee dos conmutadores de salida, correspondientes al 65 y al 80 % de la tensión nominal.

**Desventajas:** Alto coste de adquisición, frecuencia limitada de operaciones, y el tamaño

del autotransformador, causando un volumen mayor.

### Arranque con reóstato para motores de anillos rozantes

Este sistema de arranque es universal, ya que permite conjugar el par de arranque y los correspondientes picos de tensión durante el arranque con las necesidades propias de la instalación considerada.

**Aplicación:** Para máquinas pesadas

**Ventajas:** Arranque con par máximo y picos de corriente reducidos. Se puede variar la velocidad a través del reóstato.

**Desventajas:** Alto coste de adquisición; sobrecalentamiento de los resistores limita el número admisible de arranques por hora.

### **Arranque por dispositivos electrónicos (soft-starter)**

Los avances en electrónica han permitido la creación de un conmutador de arranque de estado sólido, que consiste en un conjunto de pares de tiristores (SCR) (o combinaciones de tiristores/diodos), uno en cada fase del motor. El ángulo de disparo de cada par de tiristores es electrónicamente controlado para aplicar una tensión variable a los bornes del motor durante el arranque. Al final del arranque, típicamente ajustable entre 2 a 30 segundos, la tensión alcanza su valor pleno después de una aceleración suave o una rampa ascendente, en vez de ser sometido a incrementos de saltos repentinos. Así, mantenemos la corriente de arranque (en línea) próxima a la nominal y con variación suave.

Además de la ventaja de control de tensión (corriente) durante el arranque, el conmutador electrónico también tiene la ventaja de no poseer partes móviles o generadoras de arco como los conmutadores mecánicos. Esta es una de las ventajas de los conmutadores electrónicos, ya que su vida útil es más larga.

## **SELECCION DE LA CLASE DEL MOTOR**

### **Trituradoras en general**

A pesar de la gran variedad de tipos y modelos de trituradora existentes, algunas características y especificaciones de motores eléctricos son comunes a todas ellas, como por ejemplo:

- Utilización continua.
- Ventilación externa totalmente cerrada.
- Factor de servicio: 1,00.
- Par aproximadamente 125% en el arranque y 200% al par máximo.
- Tipo: motor de inducción con jaula de ardilla.
- Capacidad de soportar tensión radial, en 360°, de correas trapezoidales.
- Variación de tensión:  $\pm 10\%$ .
- Base ajustable por deslizamiento.

Para una mejor indicación del motor, según Metso Minerals Engineering, es necesario recoger los siguientes datos:

- Tensión de servicio, frecuencia y altitud.
- Tipo y modelo de la trituradora.



- Características especiales, si requeridas por el usuario.
- Los rodamientos del motor deben ser adecuadamente dimensionados para soportar el peso de la polea y la tensión de la correa. El diámetro del eje del motor debe ser suficiente para soportar el par máximo y, simultáneamente, la curvatura causada por la tensión de la correa y el peso de la polea. La longitud del eje debe ser mínima y en conformidad con los requisitos dimensionales de la polea del motor del accionamiento especificado.

### **Transportadores**

Los motores hasta 75 cv son normalmente de la clase "N", con arranque directo en línea para motores de tamaño pequeño y medio. Para motores con potencia superior a 75 cv se recomiendan motores con rotor de anillos rozantes o jaula de ardilla clase "N" o "H" con acoplamientos hidráulicos, lo que limita el par permitiendo arranques suaves.

## **CABLES**

### **Tipo de instalación**

El tipo y el tamaño de los cables dependen de las condiciones ambientales. Hay cinco tipos comunes de instalación para cables eléctricos.

#### **1. Enterramiento directo**

**Ventajas:** Buena protección mecánica y disipa-

ción térmica. No es necesario tirar el cable durante la instalación.

**Desventajas:** Mantenimiento y sustitución difícil de los cables.

## 2. Conductos de acero

**Ventajas:** Excelente protección mecánica y fácil mantenimiento y sustitución de los cables

**Desventajas:** Baja disipación térmica en comparación con cables enterrados. Alto coste.

## 3. Zanjas

**Ventajas:** Fácil mantenimiento y sustitución.

**Desventajas:** Menor protección mecánica, mala disipación térmica.

## 4. Bandejas

**Ventajas:** Fácil mantenimiento y sustitución, buena disipación térmica.

**Desventajas:** Propensa a daños mecánicos.

## 5. Aérea

**Ventajas:** Fácil mantenimiento y bajo coste.

**Desventajas:** Propensa a daños mecánicos.

## Aislamiento

Al seleccionar el aislamiento de cables eléctricos debe tenerse en cuenta los siguientes puntos: tensión de servicio, temperatura, sobrecargas, cortocircuitos, resistencia a ácidos, sales, álcalis, ozono, y agentes químicos orgánicos.

Para plantas de trituración se recomiendan los cables termoplásticos en PVC (policloruro de vinilo), sintemax de Pirelli, fisec de Ficap (para 0,6/1 kV, o similar).

## Automatización de trituradoras

### ¿Qué es la automatización?

Básicamente, automatización significa hacer cosas sin una participación humana continua, lo que puede ser logrado de varias maneras: eléctricamente, neumáticamente, hidráulicamente e incluso, neumáticamente. Anteriormente, y hoy en algunos sistemas simples, la automatización se hacía mediante relés electromecánicos y cableado – sin electrónica o programación (los “transistores” eran los relés y el cableado “el programa”). Hoy en día, porque los sistemas son más grandes y más complicados, los cambios deben ser rápidos y fáciles, y porque hay necesidad de compactar, los sistemas electrónicos programables han reemplazado los relés y el cableado – como en los coches.

El propósito y las ventajas de la automatización son bien conocidos y genéricos. La automatización se destina a incrementar la productividad, reduciendo la mano de obra, ahorrando tiempo, mejorando la calidad y la eficiencia, bien como optimizando la utilización de las materias primas y la energía. Puede mejorar la seguridad a través de acciones rápidas y fiables, más rápidas que las humanas, y en lugares prohibidos al operador. Los sistemas automatizados no se cansan. La automatización puede mejorar las condiciones laborales mejorando la ergonomía de la utilización de las máquinas y los diagnósticos. Un sistema puede monitorear las máquinas y detectar problemas evitando daños y compilando información para análisis posterior, por ejemplo, después de un incidente. La automatización está en todas partes, desde las plantas nucleares, fábricas de papel, talleres, aeronaves, coches y hogares, hasta lavavajillas y, obviamente, en máquinas de minería y construcción.

Los nuevos desafíos debidos al incremento de la automatización también deben ser tenidos en cuenta. El mantenimiento es diferente del de los relés, porque la electrónica está diseñada para reemplazar y no para reparar. Además, las herramientas de diagnóstico suelen ser específicas del vendedor. El mantenimiento de los programas requiere herramientas de desarrollo, documentación técnica y conocimientos de programación. Y no se puede olvidar la efectividad de la tecnología en general y el contexto en el cual se

aplica. Nueva tecnología requiere nuevas pericias, herramientas y prácticas.

### Sistemas de automatización

Un sistema de automatización es un sistema que

1. Monitorea su entorno mediante sensores
2. Recopila los datos detectados y los transforma en información
3. Reacciona en conformidad con su lógica programable a través de accionadores
4. Interacciona (permite la visualización del estado de la máquina y la posibilidad de introducir pedidos del utilizador al sistema) con el utilizador a través de un interfaz Humano-Máquina tal como, luces y botones o una pantalla.

Los sistemas de control modernos también distribuyen datos internamente y externamente. La comunicación interna de datos, como los controladores, unidades de entrada/salida y pantallas, es necesaria para el intercambio de datos entre los componentes internos del sistema. La comunicación externa de datos es necesaria para enlazar el sistema a otros, tales como otras máquinas o sistemas de supervisión de control y de adquisición de datos.

Los sistemas pueden ser construidos de varias maneras. Pueden ser sistemas distribuidos o centralizados o algo intermedio, pero los elementos principales están siempre presentes independientemente de estar construidos en una unidad o unidades separadas.

Elementos típicos de un sistema de automatización.



## Rango de automatización de Metso Minerals

Los primeros dispositivos de ajuste programable para las trituradoras de Metso Minerals fueron lanzados en 1987 (Lokomo). Los primeros sistemas de control abarcando la máquina completa fueron lanzados en 1997 (Nordberg-Lokomo). Hoy, cerca del 90% de nuestras trituradoras incluye electrónica programable. En las entregas de plantas completas, la automatización de la planta es un componente natural y vital de la entrega.

## Ventajas de la automatización

### Calidad del producto



Un nivel de alimentación plena en toda la circunferencia de la cámara contribuye a una eficiencia mucho mejor y costes más bajos. Los sistemas de automatización de Metso Minerals ayudan a mantener el nivel de alimentación plena y una carga constante, ofreciendo los beneficios de trituración entre partículas que asegura una mejor forma del producto, con desgaste mínimo de los forros y menor consumo de energía por tonelada producida.

### Mejor disponibilidad

Los sistemas de automatización de Metso Minerals permiten operar la trituradora a su capacidad máxima dentro de los límites de seguridad, evitando la subproducción resultante de los límites de seguridad requeridos por la operación manual. Por evitar las sobrecargas y las consecuentes fallas mecánicas, la automatización también reduce los tiempos de parada para mantenimiento.

### Eficiencia máxima

La maximización constante de la producción y la mínima recirculación de la carga contribuyen a una reducción de los costes de producción. Otras ventajas son los costes más bajos de piezas de desgaste tales los forros, incluyendo también las cribas, canaletas, cintas, etc.

Los sistemas de automatización de Metso Minerals optimizan el control del proceso, reduciendo los costes de mantenimiento de la trituradora, asegurando capacidad máxima de trituración y maximizando la disponibilidad de la trituradora. El resultado es el menor coste posible por tonelada producida.

### Control optimizado

Los sistemas de automatización de Metso Minerals comparan continuamente los valores medidos con los valores iniciales introducidos y reaccionan inmediatamente a cambios en la carga. Esto reduce la necesidad de monitoreo humano y, consecuentemente, horas hombre.

### Monitorización de la operación

El versátil monitoreo y la recopilación de datos, incluyendo valores medios, cumulativos y esperados de trituración, proporciona una amplia información que puede ser usada como herramienta de gestión para mejorar la producción.

### Alarmas

Todos los sistemas incluyen mensajes claramente visibles de alarma, que avisan acerca de condiciones anormales de operación e indican la razón del corte o falla en el sistema sensor. Estos acontecimientos, incluyendo las mediciones operacionales relevantes, son registrados durante un cierto período de tiempo para asegurar la rápida solución del problema.

### Automatización de trituradoras fijas

Hoy en día los gerentes de producción prefieren proveedores que además de los productos, sean capaces de suministrar soluciones. Así, Metso Minerals desarrolló una unidad individual de automatización para las trituradoras de cono de la serie GP, la IC50. Para las trituradoras HP, desarrolló un sistema completo y expansible de automatización, el sistema de control automático Nordberg Serie TC (Total Control) y una nueva serie IC que usa un sistema de control de lógica programable (PLC). Todos estos sistemas se destinan a proporcionar una mejor flexibilidad y versatilidad para satisfacer los requisitos de las plantas de trituración, facilitando su operación y mantenimiento.



## Sistemas complementarios

### Puerta de acceso IC50

La puerta de acceso IC50 conecta el sistema de control de trituradoras IC50 de Metso Minerals a los sistemas PLC o SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) del cliente.

La conexión es una conexión de cable bus Ethernet con un protocolo Modbus/TCP.

La puerta de acceso IC50 permite leer datos y los mandos relacionados entre IC50 y SCADA



## Automatización para sistemas móviles

La Serie ICx00 para sistemas móviles ha sido diseñada para uso fácil, servicio de LTs e incremento de la productividad.

Proporciona la información y las funciones de control necesarias, permitiéndole al operador optimizar la utilización de la máquina y la resolución de problemas diagnosticados.

La serie ICx00 mejora la protección de los operadores y los equipos.

Las principales funciones de la serie ICx00 son:

- Protección de los operadores y la máquina
- Control de la máquina y del proceso
- Diagnóstico del sistema de control y de la máquina
- Monitorización del sistema de control y de la máquina
- Comunicación de datos con otras máquinas y sistemas

El sistema de control proporciona protección contra sobrecargas, uso incorrecto, avería de dispositivos y condiciones ambientales.

El sistema de control monitorea temperaturas, presiones, velocidades, información del motor, etc.

El diagnóstico del sistema incluye registros de alarmas y parámetros, estado de I/O y valores de sensores y códigos de problemas de motor.

El sistema controla todos los dispositivos relacionados con el proceso de las LT.



## SISTEMAS DE AUTOMATIZACION DE TRITURADORAS: VISIOROCK

VisioRock es una nueva tecnología de visualización en línea destinada a determinar la distribución granulométrica, forma y color, así como otras propiedades de la roca y minerales. Aunque pueda ser utilizada como un dispositivo de medición, usando una sola cámara, la tecnología ha sido concebida como parte de un sistema de visualización de multicámaras integradas en un avanzado sistema de control con un amplio rango de aplicaciones posibles en la industria de áridos, minería y metalurgia.



### Funciones VisioRock

Como instrumento separado, el sistema VisioRock puede ser utilizado en muchas aplicaciones en que la granulometría es una variante muy relevante.

Muchas aplicaciones implican la evaluación de la distribución granulométrica del material en la cinta transportadora. Las localizaciones más comunes son:

- en la alimentación y en la salida del producto de la trituradora, donde funciona como sensor de reglaje de la abertura de la trituradora;
- en el área de material subdimensionado de la criba, donde funciona como detector de material sobredimensionado, detectando agujeros en la cinta o otra operación anormal;
- en la alimentación de equipos críticos, donde funciona como detector de material anormal, detectando pedazos de madera u otro material indeseado en la cinta transportadora, que pueda dañar el equipo o interferir en la producción, y
- en la alimentación de molinos SAG o AG, donde mide la granulometría de la alimentación, proporcionando la operación optimizada del molino.

El VisioRock también puede ser usado como sensor del tipo de roca, combinando varios tipos de información proveniente de imágenes de video para producir información sobre el tipo de roca procesada.

El VisioTruck es una variante del VisioRock concebida para analizar el ROM (run-of-mine) descargado por los camiones a la trituradora primaria, con el propósito de estimar las distribuciones granulométricas y forma de la roca volada, permitiendo optimizar el proceso de perforación/voladura y el proceso de trituración.

### Hardware del VisioRock

Normalmente, el hardware del sistema de visualización incluye:

- Una o más cámaras
- Sistemas de iluminación asociados a las cámaras
- Hardware de comunicación entre las cámaras, usando controladores USB
- Una o más computadoras o terminales PC y Windows XP Professional

### Software de visualización

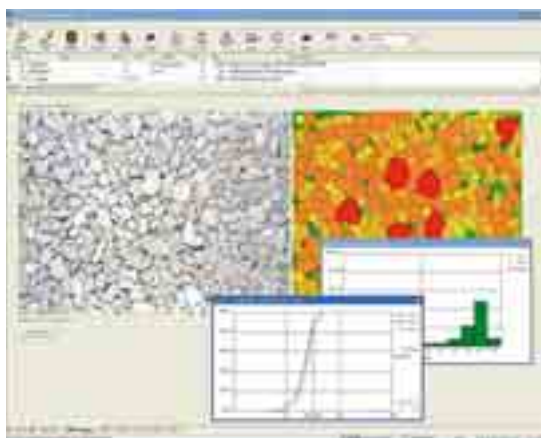
El software del VisioRock es el módulo de visualización del software OCS®. El módulo de visualización incluye en su estructura varios algoritmos de procesamiento de imágenes.

Sin embargo, el usuario no tiene que preocuparse con la complejidad de los cálculos, pudiendo concentrarse en lo que de hecho es relevante para la operación de la planta. La imagen no procesada de la cámara es enviada a la pantalla de la computadora. Otra imagen, con colores artificiales, muestra las partículas identificadas mediante los algoritmos. Los colores artificiales son configurables, pero reflejan el tamaño de las partículas: partículas mayores de un tamaño crítico pueden tener un color rojo, por ejemplo.

Las figuras a continuación muestran las visualizaciones típicas del VisioRock. Sin embargo, las figuras no ilustran la dinámica del sistema. La distribución granulométrica completa es calculada para cada imagen (25 – 30 veces por segundo). La imagen en bruto, la imagen de color falso, y la distribución granulométrica instantánea (curva e histogramas) también son actualizadas 15-30 veces por segundo.

Entre las ventajas proporcionadas por este sistema podemos mencionar que:

- Ayuda a asegurar y mantener las especificaciones granulométricas y la forma del producto.
- Proporciona un aumento de la producción.
- Ofrece protección de los equipos, evitando situaciones catastróficas causadas por material sobredimensionado o errado en la cinta transportadora (tales como madera y grandes piezas de metal).
- Aumenta el rendimiento, particularmente cuando el VisioRock está integrado con estrategias avanzadas de control.





## Introducción

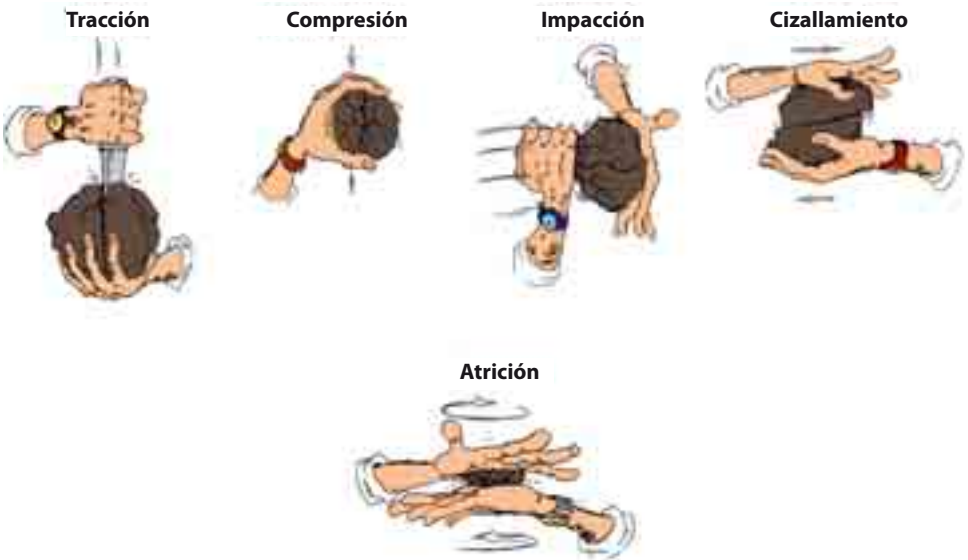
Las actividades de procesamiento de minerales conllevan inevitablemente desgaste. Y el desgaste cuesta dinero. A menudo mucho dinero. El desgaste resulta de la estructura de la roca, mena o mineral, que siendo cristales son duros y abrasivos.

### ¿Por qué el desgaste?

¡El desgaste resulta de las fuerzas de tensión de la roca

- Tracción
- Compresión
- Impacción
- Cizallamiento
- Atrición

combinadas con la **dureza y energía del mineral!**



### Desgaste en operación

causado por



protegidos por



**Desgaste por compresión**

COMPRESION	IMPACCION ALTA VELOCIDAD >7 M/S	IMPACCION BAJA VELOCIDAD <7 M/S	DESLIZAMIENTO
<p><b>Metales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acero al manganeso</li> <li>Ni duro Ni-Cr hierro blanco</li> <li>Alto Cromo Cr hierro blanco</li> </ul>			
<p><b>Metales y compresión</b></p> <p><b>Acero al manganeso:</b> La primera opción para el desgaste por compresión el manganeso. Esta aleación tiene una propiedad muy especial, siendo autotemplable y auto-sanador cuando expuesto a grandes cantidades de compresión y energía de impacto.</p> <p>El estándar normal es aleación 14% Mn que es la primera opción en la mayor parte de las aplicaciones de trituración.</p> <p>La aleación 18% Mn es una aleación más dura pero también más quebradiza, usada en aplicaciones donde la roca es más blanda (autotemplado limitado) pero muy abrasiva.</p>			
<p><b>Aplicaciones:</b></p> <p>Trituradoras { Giratorias Cono Mandíbulas</p> <p><b>Restricciones:</b> <i>Cuando instalado en aplicaciones sin servicio de templar la vida útil será muy corta.</i></p> <p>Las aleaciones del tipo "hierro blanco" fundido / alto cromo y Ni duro) deben ser evitadas en trituradoras sujetas a compresión pesada.</p>			

**Desgaste por impacción (alta)**

COMPRESION	IMPACCION ALTA VELOCIDAD >7 M/S	IMPACCION BAJA VELOCIDAD <7 M/S	DESLIZAMIENTO
<p><b>Metales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acero al manganeso</li> <li>Ni duro Ni-Cr hierro blanco</li> <li>Alto Cromo Cr hierro blanco</li> </ul>			
<p><b>Metales e impacción</b></p> <p>Los metales se pueden clasificar como:</p> <p><b>Manganeso:</b> Necesita de alta impacción para auto-endurecimiento. Si la impacción disminuye y el deslizamiento aumenta el manganeso no es adecuado.</p> <p><b>Alto cromo:</b> Inverso al manganeso, puede sostener deslizamiento pesado pero es más frágil y como tal tiene limitaciones respecto a impacción.</p> <p><b>Ni duro:</b> Se sitúa entre los dos materiales arriba mencionados.</p> <p><b>Cr-Mo:</b> Usado en molienda cuando el alto cromo es demasiado quebradizo.</p> <p><b>Nota:</b> <i>El uso de un acero de cromo (menos quebradizo que el hierro cromo) para forros cortinas y martillos está aumentando.</i></p>			
<p><b>Aplicaciones:</b></p> <p>Impactores { HSI VSI</p> <p>Molinos</p> <p>Bombas de lodo</p>			

## Desgaste por impacción (baja)



### Goma e impacción

Para impacción a baja velocidad (velocidad del material inferior a 7 m/s) goma SBR, goma de estireno butadieno (60 ShA) es siempre la primera elección y proporcionará la mejor efectividad en costes. Además, el material es muy tolerante al tamaño del material, siendo excelente para usar en molinos, camiones basculantes y tolvas primarias.

### Restricciones:

Atención a los aceites aromáticos y combustibles. Los ángulos de impacto deben ser tenidos en cuenta, véase 9:4.



### Aplicaciones:

**Camiones basculantes, Tolvas alimentadoras  
Puntos de transferencia, Molinos  
Bombas de lodo**

## Desgaste por deslizamiento



### Goma y deslizamiento

La goma natural es una opción excelente para la abrasión de deslizamiento de partículas pequeñas y puntiagudas. También para condiciones húmedas.

### Restricciones:

Si la velocidad de deslizamientos excede 7 m/s (aplicaciones secas) la temperatura puede subir y causar daños. Además de la temperatura, el aceite es siempre un riesgo.

### Poliuretano y deslizamiento

La mejor opción para aplicaciones con alto deslizamiento donde el tamaño de partículas es inferior a 50 mm. Excelente en aplicaciones húmedas. Tolerante a químicos y aceite.

### Restricciones:

Tamaños grandes y alta velocidad pueden causar problemas.

### Cerámica y deslizamiento

La elección natural cuando la tarea es muy dura para las opciones arriba. Dureza, resistencia a la temperatura y corrosión, bien como bajo peso significan una obra maestra para deslizamiento. Al2O3 (óxido de aluminio) es el material más coste-efectivo.

### Restricciones:

La impacción es peligrosa para cerámica (hendiduras) y debe ser evitada. La combinación cerámica+goma es una opción. La composición y la calidad pueden variar según el proveedor.



### Aplicaciones:

**Conductos, Canaletas**



Metso Minerals tiene varias fundiciones modernas destinadas a la manufactura de piezas resistentes al desgaste e impactos. El desarrollo permanente de nuevas aleaciones y perfiles proporciona a las piezas de desgaste y de revestimiento de Metso, niveles inigualables de rendimiento y productividad así como la mejor relación coste/beneficio.

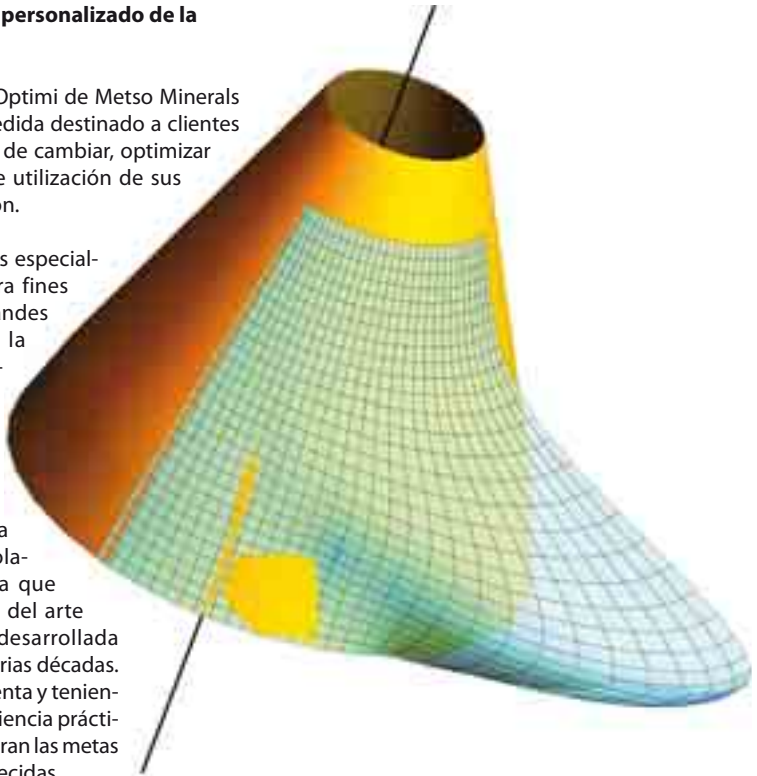
Fundidas en acero al manganeso austenítico u otras aleaciones para aplicaciones especiales, las piezas de desgaste y los forros de Metso son proyectadas para garantizar un desempeño perfecto de las trituradoras. Producidas bajo un riguroso control de calidad, son fabricadas en varios perfiles adecuados a las características del material a ser triturado.

**Concepto de diseño personalizado de la cavidad**

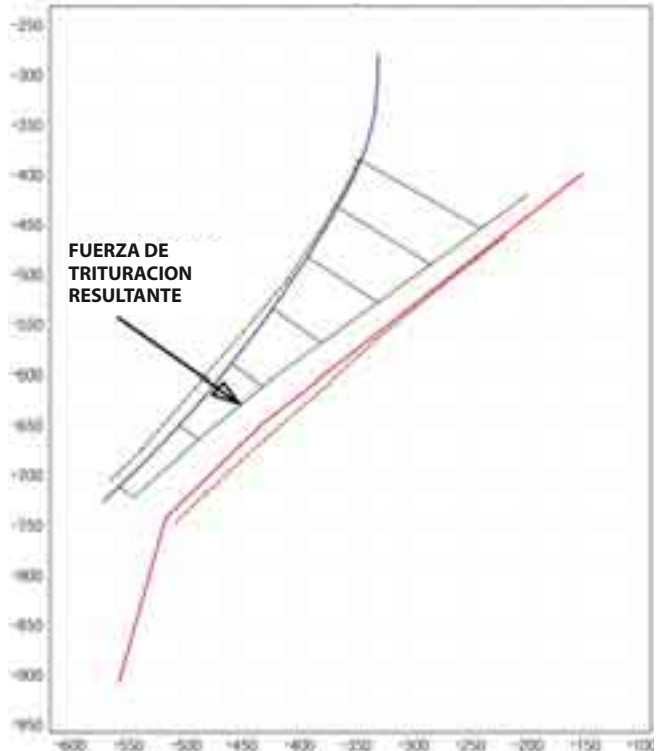
El servicio Chamber Optimi de Metso Minerals es un servicio a la medida destinado a clientes que buscan maneras de cambiar, optimizar o mejorar el radio de utilización de sus procesos de trituración.

El Chamber Optimi es especialmente ventajoso para fines de trituración de grandes volúmenes, donde la personalización permite incrementar la producción.

Para el desarrollo de cavidades óptimas, Metso Minerals usa un simulador controlado por computadora que representa el estado del arte de esta tecnología desarrollada por Metso durante varias décadas. Usando esta herramienta y teniendo en cuenta la experiencia práctica más reciente, se logran las metas de producción establecidas.

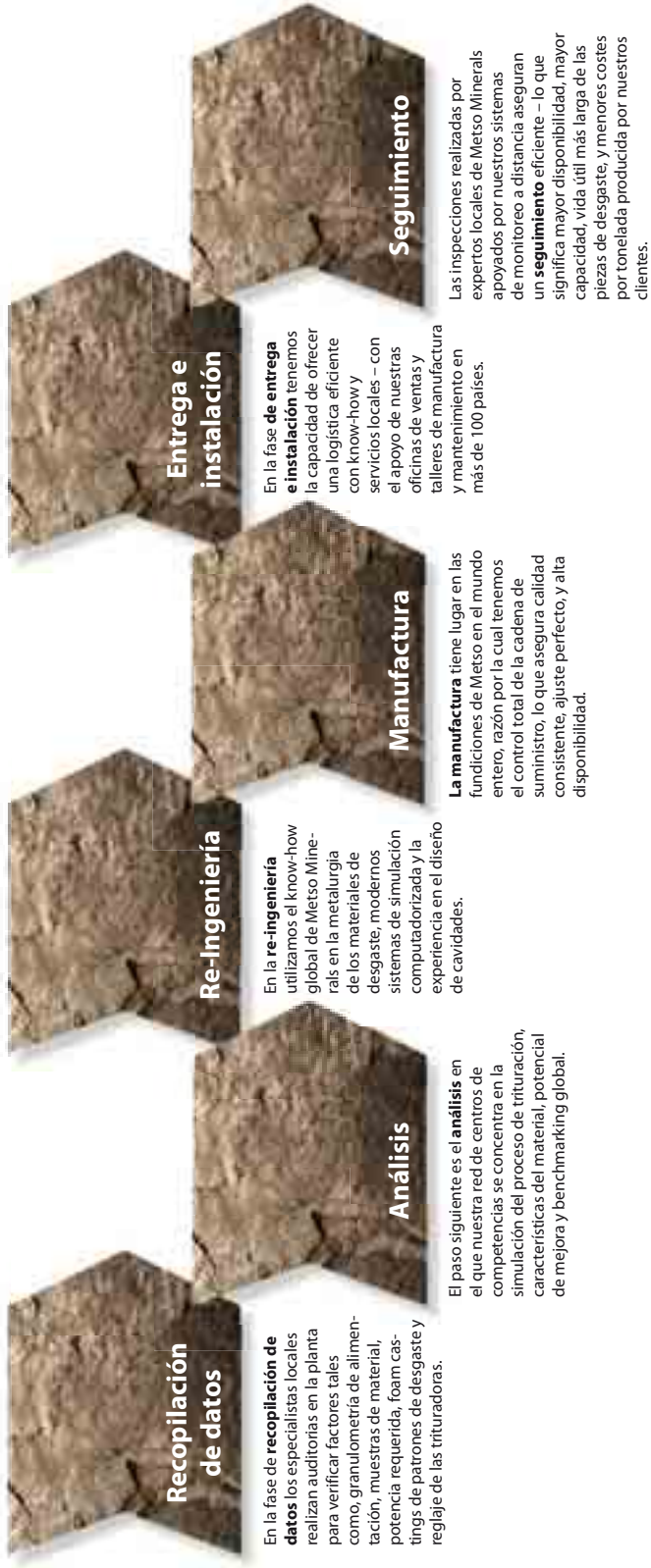


Zonas de trituración



## Concepto de diseño personalizado de la cavidad

Metso Minerals aplica un proceso en seis etapas para crear una cavidad óptima diseñada a la medida de las necesidades de trituración de sus clientes.



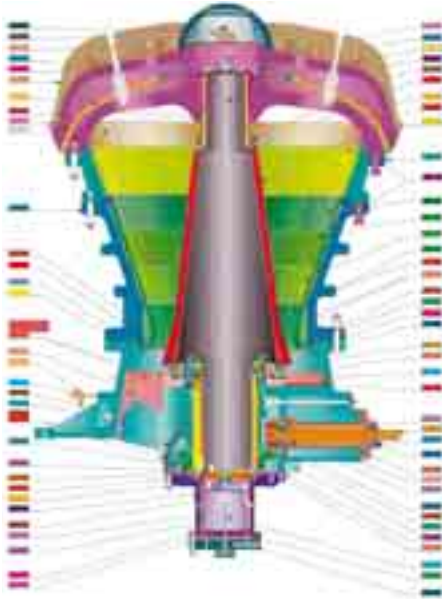
## Piezas de desgaste de las trituradoras

### Forros de trituradoras giratorias primarias

La cámara de trituración, también conocida como la cavidad de la trituradora, está formada por dos segmentos, el manto y el cóncavo. El manto puede consistir en una, dos o tres piezas, dependiendo del tamaño y diseño de la trituradora.

Los perfiles del cóncavo son proyectados teniendo en cuenta la mejor combinación del ángulo de trituración, consumo de potencia, fuerza de trituración y requisitos de capacidad. El punto de enfoque está en la maximización de la productividad de la trituradora, así como proporcionar el mejor aprovechamiento del material de desgaste.

Hay una amplia variedad de alternativas metálicas y perfiles de piezas de desgaste para garantizar que la productividad y los costes de operación serán optimizados para cada tipo de aplicación.



### Trituradora de mandíbulas

Una solución típica es empezar con forros en acero de manganeso para operar el proceso hasta la capacidad y granulometría deseadas. La maximización de la vida útil de la cámara es conseguida cuando el proceso es estable.

Varias aleaciones pobres de acero templado y revenido, así como acero para herramientas de hierro cromado, están disponibles para aplicaciones específicas.

### Mandíbulas para trituradoras

La cámara de trituración está formada por una mandíbula fija (lado del bastidor) y una mandíbula móvil (lado de la biela). Las mandíbulas pueden ser enterizas o no, dependiendo del tamaño y diseño de la trituradora.

Sus perfiles longitudinales han sido proyectados teniendo en cuenta la mejor combinación del ángulo de trituración, perfiles diferenciados de desgaste entre la mandíbula fija y la móvil, maximizando la productividad de la trituradora, así como proporcionando el mejor aprovechamiento del material de desgaste.

Es importante tener perfiles transversales similares para las piezas usadas (mandíbulas fija y móvil), de manera que se pueda obtener la combinación correcta para evitar esfuerzos perjudiciales para los equipos y para lograr la mejor calidad de producto.

A continuación, se presentan los principales perfiles transversales y sus características.

### Línea de trituradoras C

#### Perfil estándar

- Indicado para trituración de roca y grava.
- Vida útil, requisitos de potencia y esfuerzos de trituración bien equilibrados.
- Instalación típica de fábrica.



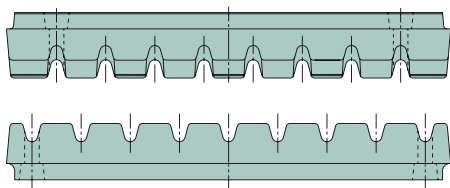
#### Perfil reciclaje

- Indicado para hormigón.
- Materiales finos pasan fácilmente a través de la cavidad a lo largo de las ranuras largas.

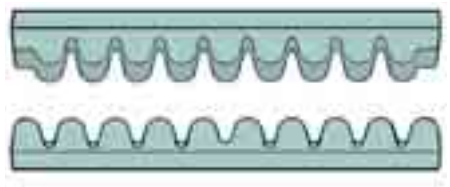


**Perfil cantera**

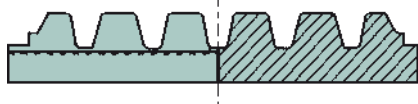
- Indicado para trituración de roca volada en canteras.
- Los dientes llanos tienen mejor rendimiento con materiales abrasivos (más material de desgaste en el diente).
- Causa grandes esfuerzos y aumenta los requisitos de potencia.


**Perfil súper dientes**

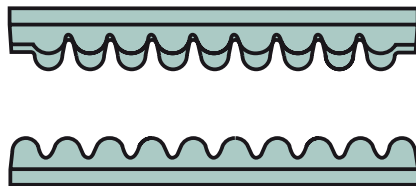
- Indicado para utilización general siendo una buena opción especialmente para trituración de grava.
- La gran masa y diseño especial de los dientes proporcionan una larga vida útil y hacen que los materiales finos fluyan hacia la cavidad a lo largo de las ranuras sin desgastar los dientes.


**Línea clásica de productos**
**Perfil WT (Wide Tooth) dientes anchos**

- Perfiles transversales robustos.
- Gran cantidad de material de desgaste.
- Alto aprovechamiento del material de desgaste.
- Producción excelente.
- Recomendado para material abrasivo con detritos y/o finos en la alimentación.


**Perfil ondulado**

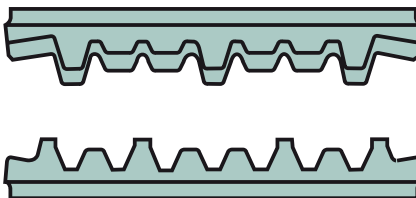
- Dientes redondeados.
- Alta producción.
- Gran cantidad de material de desgaste.
- Alto aprovechamiento en peso.
- Recomendado para alimentación con detritos y/o finos.


**Perfil HD (Heavy duty) servicio pesado**

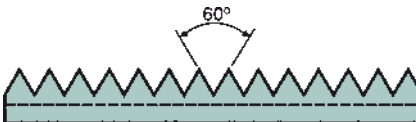
- Liso con ranuras de expansión para acero al manganeso.
- Alta resistencia debido al gran espesor.
- Recomendado para material extremadamente duro, poco laminado, baja abrasividad y con contenido de finos en la alimentación.


**Perfil diente grueso**

- Perfil dentado triangular 90°
- Reduce parcialmente las lajas.
- Recomendado para reglajes pequeñas y medias.


**Perfil diente fino**

- Perfil dentado triangular 60°
- Reduce parcialmente las lajas.
- Recomendado para reglajes pequeñas.
- Aplicable a trituradoras de pequeño tamaño.


**NOTA:**

No todos los perfiles están disponibles para todos los modelos de trituradora. Para información más detallada póngase en contacto el representante de Metso más cercano.



Para producir productos finales de alta calidad con la máxima eficiencia y fiabilidad con los costes más bajos, debe seleccionar piezas de desgaste optimizadas para su aplicación específica de trituración. La tabla a continuación presenta las recomendaciones básicas para seleccionar las mejores piezas de desgaste para su trituradora de mandíbulas Nordberg Serie C. Ofrecemos

nuestro comprobado acero XT710 resistente al desgaste como material estándar y nuestro nuevo XT810 Supersteel para aplicaciones de roca dura especialmente exigentes. En Metso Minerals tendremos el mayor placer en darle informaciones más detalladas – permítanos contribuir a su éxito.

	Estándar	Cantera	Dientes mayores	Especial y cantera
<b>Tipos de material de alimentación</b>				
Roca dura , UCS > 160 Mpa	●	● ● ●	● ●	● ●
Roca blanda , UCS < 160 Mpa	● ●	● ● ●	● ●	●
Gravilla	● ●	●	● ● ●	●
Roca blanda estratificada, UCS < 160 Mpa	●			
Rocas resbaladizas	●	●	● ●	●

Nota: Cuanto más balas naranja, mejor la selección.

	Cantera y mayor agarre	Contra losas	Reciclaje, ondulado	Reciclaje, corrugado
<b>Tipos de material de alimentación</b>				
Roca dura , UCS > 160 Mpa	●			
Roca blanda , UCS < 160 Mpa	● ●			
Gravilla	● ●	● ● ●		
Roca blanda estratificada, UCS < 160 Mpa	●			
Rocas resbaladizas	● ● ●			
Reciclaje de asfalto			● ● ●	
Reciclaje de concreto				● ● ●
Reciclaje de residuos de demolición				● ● ●

Nota: Cuanto más balas naranja, mejor la selección.

**Forros para trituradoras de cono**

La selección del tipo de forros para las trituradoras de cono es fundamental para asegurar un rendimiento deseado durante su vida útil. Los forros deben ser seleccionados en conformidad con el tamaño del material de alimentación y el producto requerido, de manera que la extensión de la superficie del forro pueda ser usada. De lo contrario, al utilizar, por ejemplo, un forro para cavidad gruesa con alimentación fina, la trituración se concentrará en la parte inferior del forro quedando la parte superior desaprovechada, causando desgaste prematuro.

El conjunto del forro consiste en el manto (lado móvil) y el forro de la taza o cóncavo, en el lado fijo.

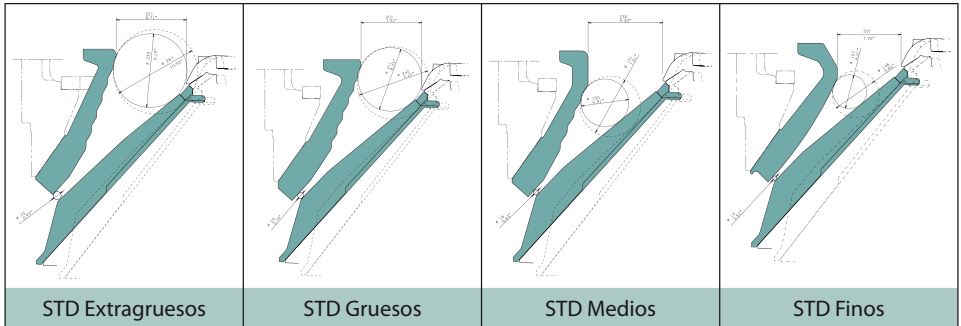
Una amplia variedad de forros cubre todas las marcas de trituradoras de Metso.

La combinación entre el forro del manto y de la taza define la cavidad de trituración. Así, al seleccionarse un determinado conjunto, los parámetros tales como la abertura de alimentación, perfil de la cámara de trituración y el reglaje del lado cerrado (r.l.c.) quedan establecidos.

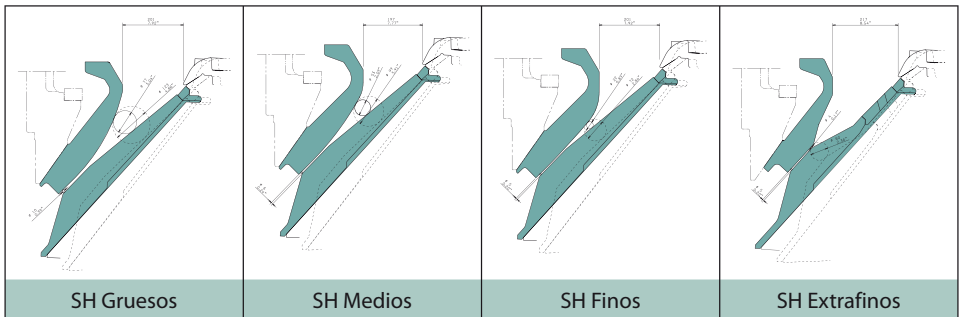
En el caso de las trituradoras de cono los forros deben ser seleccionados en conformidad con el tamaño del material de alimentación y el producto requerido. Esto es fundamental para asegurar una vida útil más larga de los forros con un desgaste más regular de las piezas, mejor aprovechamiento del peso del material de desgaste, mayor eficiencia de la trituradora y mejor calidad del producto requerido.

A continuación se presentan genéricamente las cavidades de trituración posibles para las trituradoras de cono.

**CONO HP; ESTANDARES**



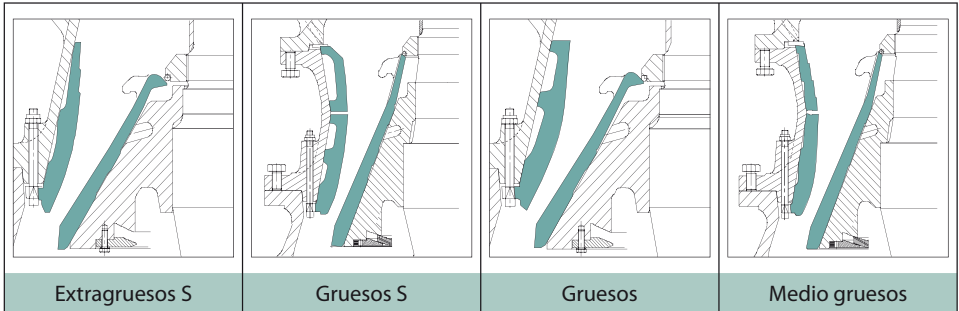
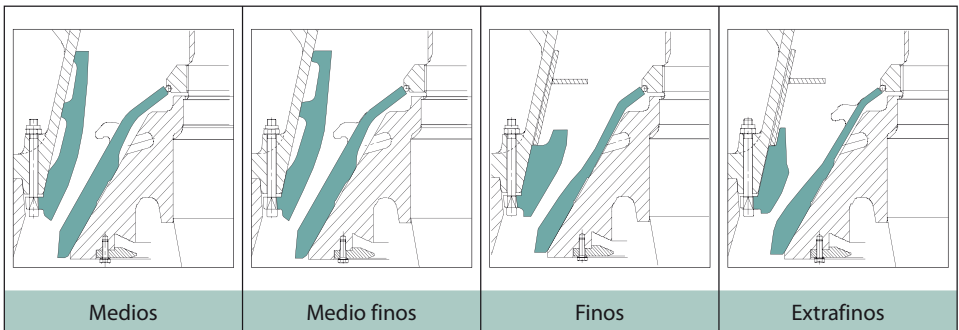
**CONO HP; CABEZA CORTA**



**Propiedades de la roca**

	Muy difícil	Difícil	Media	Fácil	Muy fácil
Los Angeles	-12	12-17	17-22	22-27	27-
Triturabilidad	-20	20-30	30-40	40-50	50-
UCS/MPa	300-	220-300	150-220	-90-150	-90
<b>Tipos de máquina</b>					
<b>Trituradoras de Cono secundarias</b>					
- HP pequeña/media (HP100-HP500)	XT720	XT720	XT720	XT510	XT510
	XT710	XT710	XT710	XT710	XT710
- HP grande (> HP500)	XT510	XT510	XT510	XT510	XT510
	XT520	XT520	XT520	XT520	XT520
		XT610	XT610		
<b>Fine Cones</b>					
- HP pequeña/media (HP100-HP500)	XT720	XT720	XT720	XT510	XT510
	XT710	XT710	XT710	XT710	XT710
- HP grande (> HP500)	XT510	XT510	XT510	XT510	XT510
	XT520	XT520	XT520	XT520	XT520
		XT610	XT610		

■ = material inicial

**CONO GP; SELECCION DE CAVIDAD SECUNDARIA Y TERCIARIA**

**CONO G; SELECCION DE CAVIDAD SECUNDARIA Y TERCIARIA**

**Trituradoras de Cono GP:**

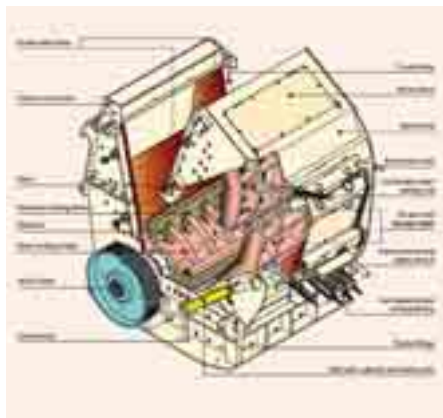
En la trituración terciaria use material XT510 para abrasividad inferior a 1000 g/t

Para abrasividad superior a 1000 g/t se recomienda el material XT710

## Percutores para trituradoras de impactos

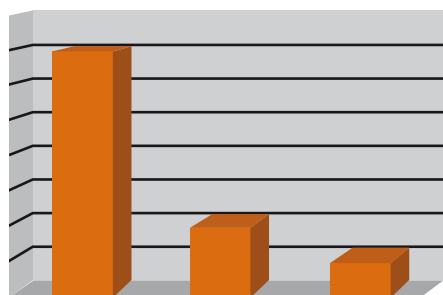
La selección del tipo y material del forro para las trituradoras de impactos es fundamental para asegurar el desempeño deseado. Los forros deben ser seleccionados en conformidad con el tipo, abrasividad, cuerpos extraños y tamaño del material de alimentación y del producto requerido, de manera a que las mejores propiedades de las alternativas metálicas puedan ser usadas.

Los materiales alternativos son el acero austenítico, martensítico y aleación de cromo. Un producto provisto de matriz metálica ha sido recientemente añadido. La Barmac tiene puntas de desgaste especiales en la trituradora.



La resistencia a impactos continuos es vital para aplicaciones de trituración de finos y la resistencia a golpes es necesaria en aplicaciones primarias y en los casos de trituración de reciclaje donde detritos metálicos entran en la cámara de trituración.

Es importante seleccionar material que bajo condiciones de operación ofrezca la mejor vida útil. Para mayores informaciones sobre materiales de desgaste para impactores, póngase en contacto con el representante de Metso más cercano.



Barras de impacto Placas de impactos Forros laterales

## Selección del material de desgaste

		Propiedades del mineral triturado				
		Muy difícil	Difícil	Medio	Fácil	Muy fácil
Los Angeles		-12	12-17	17-22	22-27	27-
Triturabilidad		-20	20-30	30-40	40-50	50-
UCS/Mpa		300-	220-300	150-220	90-150	-90
Aplicación	Primaria	XT510	XF510	XF210	XF210	XF210
	Secundaria	XF210	XF210	XF210	XF310	XF310
	Terciaria	XF310	XF310	XF310	XF310	XF310

Area en que se aplican los materiales especiales resistentes al desgaste, XF210T y XF310T

Del punto de vista de la productividad, la elección de barras de impacto correctas es un factor esencial. Disponemos también de una gama completa de otras piezas de desgaste. Consúltenos, también, para conocer nuestra oferta de piezas para máquinas de otras marcas.

## CALIDAD DEL ACERO

Además del perfil y otras características dimensionales, la calidad del acero tiene una gran influencia en la vida útil de la pieza de desgaste. El acero al manganeso austenítico es el más usado en la manufactura las piezas de desgaste principales de las trituradoras de mandíbulas y de cono.

Las fundiciones de Metso Minerals siguen los estándares Metso para manufactura. El estándar Metso es más estricto que la norma ASTM A128 en pureza.

Las series XT de austeníticos han sido desarrolladas para ofrecer las propiedades necesarias en una variedad de aplicaciones y maquinaria de trituración que utilizan diferentes niveles de fuerza y potencia. Los aceros martensíticos y las aleaciones de cromo cumplen límites de proceso estrictamente definidos en el proceso de producción.

Así, dependiendo del tipo y tamaño de la máquina, perfiles de las piezas de desgaste y características del material triturado, La División de Ingeniería de Metso seleccionará la aleación

ideal para cada aplicación. El material elegido será confirmado a través de ensayos de laboratorio y pruebas en plantas piloto de Metso.

Además, nuestras fundiciones adoptan normas estrictas para la aprobación de piezas, incluyendo control visual, dimensional y superficial de defectos.

En el caso de las mandíbulas, por ejemplo, dimensiones inexactas pueden causar el enclavamiento de la pieza en el bastidor debido a la expansión de manganeso o problemas de fijación.

La falta de lisura en el lado de asiento de la mandíbula puede causar daños a la mandíbula o al bastidor debido a mala distribución de esfuerzos, o reducir la vida útil de las piezas debido a asiento irregular. Nuestra fundición asegura la lisura de las placas de mandíbula, mediante el uso de procesos industriales modernos y apropiados.

En los forros de trituradoras giratorias y de cono, el buen rendimiento dependerá de otros cuidados, tales como fresado en las secciones de asiento y trituración fina, espesor correcto, ausencia de ovalización y, sobre todo, perfiles correctos y funcionales.

Con ese propósito, Metso Minerals ha desarrollado programas de computadora que simultáneamente analizan factores de gran influencia, tales como la excentricidad, rotación, pendientes y aberturas.

Con ese propósito, Metso Minerals ha desarrollado programas de computadora que simultáneamente analizan factores de gran influencia, tales como la excentricidad, rotación, pendientes y aberturas.



*Análisis metalográficos y mecánicos aseguran las propiedades y la calidad del acero.*



## **CRITERIOS DE EFICIENCIA Y DURABILIDAD**

Según la filosofía de coste y beneficio, la tendencia actual ha sido la de evaluar la eficiencia y durabilidad de una pieza de desgaste dentro de cuatro criterios listados en conformidad con su importancia:

El buen rendimiento/funcionamiento de una pieza

- 1º - No debe comprometer la integridad mecánica del equipo.
- 2º - Debe maximizar la producción por hora dentro de la granulometría deseada.
- 3º - Maximizar la producción acumulada durante la vida útil.
- 4º - Maximizar el aprovechamiento para minimizar el peso chatarra.

### **Implicaciones de cada criterio**

**1º criterio** - Es sabido que un tiempo de parada prolongado para mantenimiento de los equipos implica grandes pérdidas. Por lo tanto, aseguramos la seguridad, adquiriendo piezas de recambio originales de Metso, diseñadas y fabricadas por quienes han fabricado el equipo y tienen en cuenta los aspectos mecánicos.

**2º criterio** - Un perfil incorrecto perjudica la producción por hora y la granulometría del producto. De ahí, la importancia de tener como proveedor una compañía que confía en Ingeniería de Aplicaciones y laboratorio de análisis de mineral que permiten la obtención de datos importantes, tales como los índices de trabajo y de abrasión, para desarrollar y recomendar las aleaciones y perfiles más adecuados.

**3º criterio** - La evaluación más exacta de la vida útil de la taza consiste en establecer una relación entre desgaste y energía consumida (horas x potencia media del motor en operación). Sin embargo, para máquinas que operen bajo condiciones constantes de reglaje, la vida útil de la pieza medida en horas o en toneladas producidas, puede ser usada como evaluación de calidad y parámetro de durabilidad de las piezas de desgaste.

**4º criterio** - Algunos usuarios adoptan el procedimiento de usar el forro hasta el fin. Esta práctica no es tan económica como pueda parecer. Puede tener consecuencias muy costosas, tales como daños en el asiento del forro de la máquina, sobrecarga debido a compactación, y caída en la producción por hora o en la calidad del producto. Por eso, en muchos casos, es mejor reemplazar la pieza en tiempo útil, observando su curva de desgaste. Metso Minerals puede recomendar el momento más económico para reemplazar la pieza.



*Ejemplo del uso excesivo del forro.*

## Servicios de ciclo de vida de Metso Minerals – creando valor para el cliente



Metso Minerals, usando su amplia experiencia como fabricante y proveedor de equipos y procesos de trituración, ha desarrollado una amplia gama de servicios especializados destinados a mejorar la fiabilidad y la productividad de las operaciones de sus clientes. La organización de servicios certificados de Metso Minerals está disponible en el mundo entero para crear valor mediante soluciones a la medida de las necesidades específicas de cada cliente.

### Servicios de inspección

Los servicios de inspección de Metso Minerals le ayudan al cliente a mejorar la fiabilidad y la productividad de las operaciones, reduciendo costes por caída de producción o paradas no programadas.

#### Los servicios de inspección de Metso Minerals incluyen:

- Análisis del funcionamiento y estado de los equipos realizado por ingenieros del departamento de Servicios de Metso Minerals, incluyendo mediciones del grado de desgaste y estimación de la vida útil de las piezas.
- Asesoría y asistencia en la planificación de actividades de mantenimiento preventivo.
- Informe de los resultados de la inspección y recomendaciones.

Los servicios de inspección pueden configurar una acción aislada o intervenciones periódicas programadas.

La práctica ha comprobado que los servicios de inspección suministrados por los expertos de Metso Minerals promueven la disponibilidad de los equipos y la relación coste/eficacia de las operaciones del cliente, evitando averías de los equipos.

Los productos de los Servicios de Atención a Clientes de Metso Minerals ayudan a optimizar la productividad total del equipo durante su ciclo de vida. Según algunos estudios de Metso Minerals, un aumento del 1% en la disponibilidad puede incrementar los beneficios en el 4%.



**Servicio de reemplazo de piezas de desgaste**

Los servicios de reemplazo de piezas de desgaste de Metso Minerals consisten en la entrega y reemplazo de las piezas. Los profesionales de Metso reemplazarán las piezas de desgaste con la máxima seguridad y eficacia, así como evaluará el estado y el desgaste de los equipos. Un informe de inspección proporcionará recomendaciones sobre acciones de mantenimiento y reparación.

**Muestra de los servicios de inspección de Metso Minerals (48/137)**

		Inspeccionar	
Alimentador/criba	Maquinaria vibratoria	1 Estado del respiradero	
		2 Temperatura del motor hidráulico	
		3 Rango de velocidad del alimentador máx./mín.	
		4 Rodamiento máquina vibratoria derecha, temperatura	
		5 Izquierda 1 & 2 (conforme el flujo de material)	
		6 Rodamiento máquina vibratoria izquierda, temperatura	
		7 Derecha 1 & 2 (conforme el flujo de material)	
		8 ¿Hay fuga de aceite en la máquina vibratoria? ¿Nivel de aceite?	
		9 Frecuencia del cambio de aceite	
	Bastidor		10 Estado general del bastidor del alimentador
			11 Funcionamiento de los bloqueos para transporte
			12 Angulos y longitudes de recorrido, véase comentario 1)
			13 Estado de la canaleta vibratoria. Inspección visual
			14 Estado de las protecciones de muelles y dedos
			15 Movimiento libre
			16 Estado de las barras de parrilla y del piso de la criba
		17 Velocidad de la trituradora	
Trituradora en marcha al ralentí			18 Temperatura de los rodamientos del bastidor (derecho e izquierdo)
			19 Temperatura de los rodamientos de la biela (derecho e izquierdo)
		20 Temperatura de los rodamientos del contraeje	
		21 Estado del acoplamiento flexible del contraeje	
		22 Rodamiento derecho del bastidor, control ShockPulseMeter	
		23 Rodamiento derecho de la biela, control SPM, comentario 5)	
		24 Rodamiento izquierdo del bastidor, control SPM	
		25 Rodamiento izquierdo de la biela, control SPM	
		26 Flujo de grasa hacia fuera de laberintos	
		27 Cúas móviles y fijos de mandíbulas en trituración	
		28 Ajuste del reglaje, véase comentario 4)	
		29 Movimiento y sonido del ajuste del reglaje	
		30 Tensión y estado de la correa V	
		31 Tiempo de funcionamiento por inercia (solo con caja de cambios Katsa)	
	Trituradora de mandíbulas C	Trituradora parada	32 Apriete de los pernos del bastidor
			33 Trabadura de los pernos de la caja de rodamientos
			34 Trabadura de los pernos de la cubierta del volante
			35 Juego de los pasadores de guía del bastidor
			36 Estado de las cubiertas guía del bastidor (solo LT110)
			37 Posición/montaje/contrachavetas del volante
			38 Juego del volante/anillo de laberinto
39 Limpieza del volante			
40 Juego de la pieza de guía de la cuña de ajuste			
41 Pernos y juego del sello de laberinto			
Trituradora en marcha al ralentí		42 Estado de la placa basculante y rodamientos	
		43 Alineación y guías de la placa basculante	
		44 Estado de la placa basculante	
		45 Límites de presión de la biela de retorno/cilindro de retorno	
		46 Presión y fijación del acumulador de nitrógeno	
		47 Apriete de los pernos de las cuñas de las mandíbulas	
		48 Espacio entre las cuñas de la mandíbula superior/inferior	

**Servicios de mantenimiento y reparación**

La red de servicios de Metso Minerals está disponible para proveer servicios de mantenimiento regular y correctivo. La red de talleres de servicio de Metso ofrece una amplia gama de servicios desde el reemplazo de rodamientos hasta reformas completas de los equipos. Los talleres de reparación cuentan con personal altamente especializado y la tecnología más reciente para reparación de equipos.

**Servicios de adiestramiento**

Los seminarios de adiestramiento de Metso Minerals se concentran en los procedimientos adecuados de operación y mantenimiento, sabiéndose que son los profesionales de operación y mantenimiento los que garantizan la rentabilidad operacional de las plantas.

Los participantes son entrenados por expertos de Metso y todos los seminarios son organizados en una amplia variedad de idiomas y ubicaciones en el mundo entero.







## **Ejemplo de un seminario de adiestramiento de una trituradora de mandíbulas Nordberg Serie C**

### **Operación y mantenimiento**

#### **Trituradoras de mandíbulas Nordberg serie C**

Este seminario ha sido concebido para ingenieros de mantenimiento y operadores de plantas experimentados, ofreciendo un nivel avanzado de desarrollo profesional.

#### **Alcance**

- Construcción de la trituradora de mandíbulas Nordberg Serie C
- Desempeño técnico
- Cimientos y montaje
- Operación de la trituradora
- Mantenimiento y reparación
- Dispositivo de lubricación automática
- Seguridad

### **Optimización del proceso y servicios basados en desempeño**

Metso Minerals también ayuda a sus clientes a evaluar la mejor manera de realizar operaciones y actividades de mantenimiento con los servicios de optimización de procesos. Metso Minerals tiene la pericia de proceso necesaria para recomendar mejoras tales como la optimización del diseño y actualización de forros de equipos existentes – todo para mejorar la productividad. El objetivo de los servicios basados en desempeño es ayudar a lograr los valores de rendimiento y las metas operacionales acordadas.

### **Servicios de operación de planta**

Metso Minerals ofrece servicios de operación de planta según los cuales el personal de Metso



es responsable de la planificación, supervisión, apoyo operacional, mantenimiento y seguimiento de los equipos Metso en el emplazamiento del cliente.

Los servicios de ciclo de vida ofrecidos por Metso Minerals abarcan a todas las áreas del proceso de trituración, reducción de tamaño y clasificación. El propósito de estos servicios es mejorar el valor del producto final del cliente.

## Estándares en las aplicaciones de áridos más comunes

La estandarización es necesaria para crear métodos de trabajo comunes y permitir una comunicación más fácil entre proveedor, usuario y autoridades. La estandarización aumenta la compatibilidad entre productos distintos, mejora la seguridad en todas las etapas de producción y protege el usuario y el ambiente. Además de los puntos arriba, también crea un lenguaje común para negocios internos e internacionales.

En las actividades de trituración y cribado hay estándares de producto que influyen el diseño de la planta de trituración. Normalmente, **asfalto** y **hormigón** son las aplicaciones donde espe-

cíficamente las exigencias respecto a los áridos siguen los estándares. Para estas aplicaciones, el proceso de trituración y cribado puede afectar la **forma** y la **fragmentación de partículas**, es decir, la granulometría del producto final. Hay docenas de otras exigencias y especificaciones para los áridos, pero las propiedades del material de alimentación y el tipo de roca son las con mayor influencia.

La tabla a continuación presenta las especificaciones (códigos estándar) para los áridos usados en hormigón, asfalto y balasto. Puesto que los estándares varían según los países y regiones, en la tabla se presentan los más comunes. La tabla ayuda a detectar el código y a determinar qué estándar es válido en determinado país.

TABLA 1. Algunos ejemplos de códigos de aplicación de diferentes estándares / codes of different standards.

ID DEL PAIS	Estándar	Aridos para hormigón	Aridos para asfalto	Balasto
1	EN	EN 12620	EN 13043	EN 13450
2	ASTM	C 33	D 692	AREMA / C 33
3	IS	IS:383-1970 y MOST / MORTH	MOST/ MORTH	INDIAN RAILWAY STANDARD
4	BS	BS 882	BS 63	
5	GOST	GOST 8287-93	GOST 8287-93	GOST 7392-85
6	JIS	JIS A 5005-1987		
7	GB/T	GB/T 14685-93	JTJ 014-97	
ID DEL PAIS	Países como ejemplo			
1	Austria, Bélgica, Republica Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Malta, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, y Reino Unido			
2	EE.UU.			
3	India			
4	EAU			
5	Rusia			
6	Japón			
7	China			

Como se ve en la tabla hay especificaciones diferentes disponibles en el mundo, lo que ha llevado a métodos diferentes de medición de la forma en cada estándar. La tabla a continuación presenta una relación indicativa entre los valores de forma definidos por las diferentes espe-

cificaciones. El índice de las EN933-3 es de 10. Por ejemplo, el índice de las EN933-3 10-% es aproximadamente igual que BS-812 12%. Todos los valores presentados indican la proporción de partículas desfavorables en la fragmentación del producto.

TABLA 2. Métodos de medición de la forma en diferentes estándares

Especificación	Medición de lajas	VALOR	TAMAÑO MIN:MEDIO
EN 933-3	Indice de lajas	10	0,55:1
GOST 8269-97, chapter 7.2	Partículas lajosas	8	0,42:1
BS 812 : Part 1	Indice de lajas	12	0,59:1
IS 2386	Indice de lajas	12	0,59:1
ASTM D4791	Ensayo de partículas planas	10	0,55:1
GB/T 14685-93	Indice de lajas	7	0,40:1
Especificación	Medición de alargamiento	VALOR	TAMAÑO MIN:MAX
EN 933-4	Indice de forma	15	1:3
GOST 8269-97, 1:3 medición	Alargamiento	15	1:3
ASTM D4791	Plana y alargada	15	1:3
Especificación	Medición de alargamiento	VALOR	TAMAÑO MEDIO:MAX
BS 812 : Part 1	Indice de alargamiento	35	1:1,8*
IS 2386	Alargamiento indiano	35	1:1,8*
GB/T 14685-93	Indice de alargamiento	8	1:2,4**
Especificación	Medición combinada	VALOR	
GB/T 14685-93	China EFI	10	
IS 2386	Indian EFI	40	

\* En la práctica, el tamaño MEDIO:MAX puede variar entre 1:1,5...1:2,3

\*\* En la práctica, el tamaño MEDIO:MAX puede variar entre 1:1,8...1:3,6

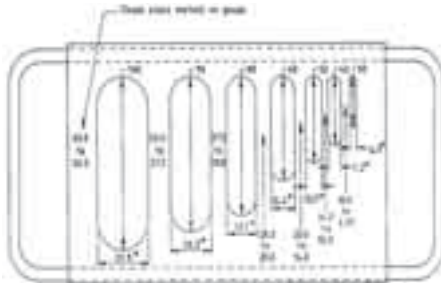
Las fotos a continuación muestran los calibres de algunos de los métodos de medición de la forma:

**INDICE DE LAJAS EN933-3**

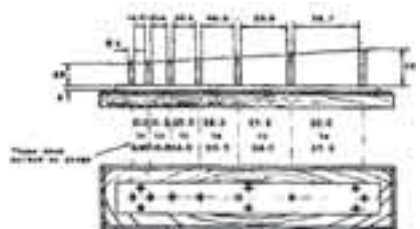

MIN:MEDIO = 0,55:1

**INDICE DE FORMA EN933-4**

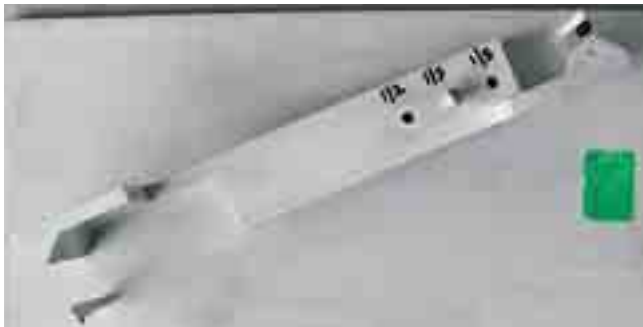

MIN:MAX = 1:3

**INDICE DE LAJAS BS 812 e IS 2386**


MIN:MEDIO = 0,59:1

**INDICE DE ALARGAMIENTO BS 812 e IS 2386**


MEDIO:MAX = 1:1,8

**ASTMD4791, PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS**

**PILAS DE ACOPIO**
**SIMBOLOS USADOS**

$\alpha$  = ángulo de reposo del material durante la formación de la pila (fricción dinámica)

$\beta$  = ángulo de reposo del material durante la recoja de material en la parte inferior de la pila (fricción estática)

H = altura de la pila (m)

D = diámetro de a pila (m)

$V_t$  = volumen total de la pila ( $m^3$ )

$V_u$  = volumen útil de la pila ( $m^3$ )

P = porcentaje útil de la pila

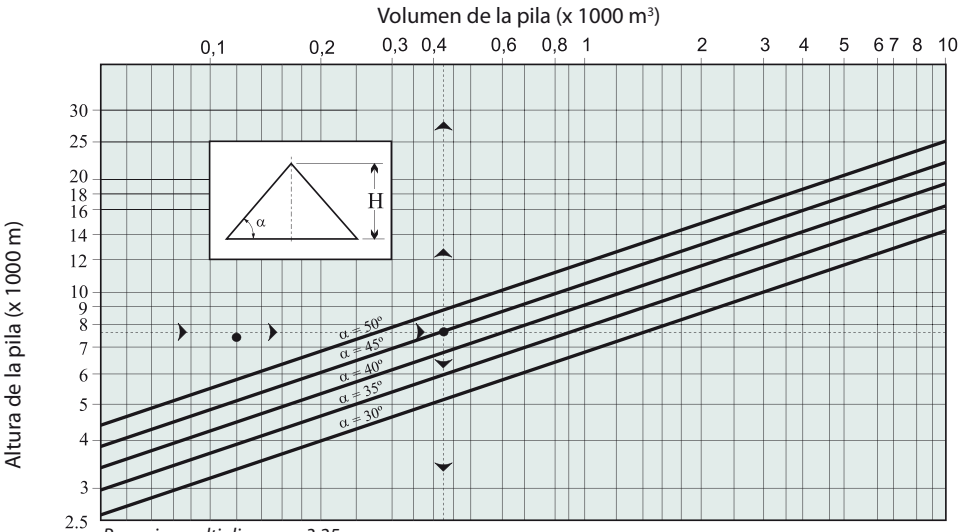
$\rho_s$  = densidad aparente ( $t/m^3$ )

S = distancia entre salidas (m)

**CARACTERISTICAS DEL MATERIAL**

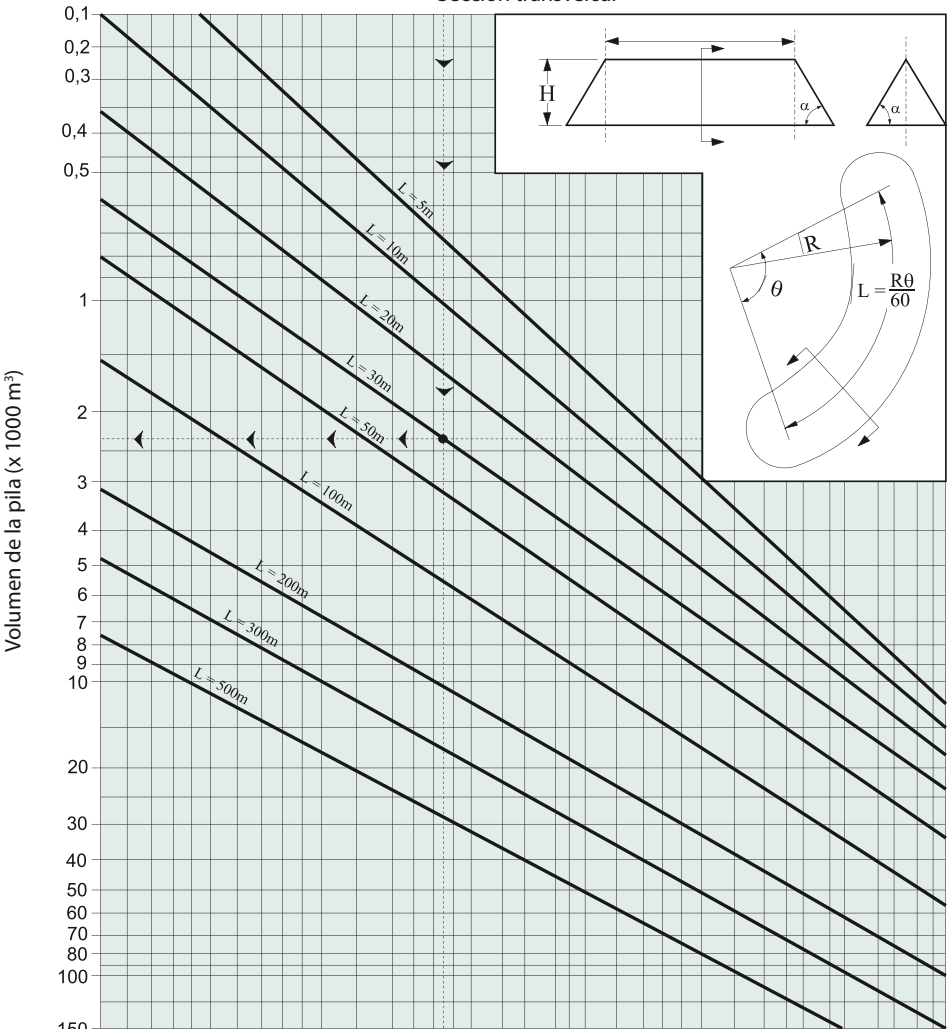
MATERIAL	FORMA DE LAS PARTÍCULAS	TAMAÑO (mm)	$\rho_s$ ( $t/m^3$ )	$\alpha$ (grado)	$\beta$ (grado)
Arena natural	Redonda	0-3	1,6	35	40
Arena manufacturada	Cúbica	0-3	1,6	35	40
Roca triturada	Cúbica	0-63	1,5	40	45
Roca triturada	Laminar	0-63	1,4	40	45
Roca triturada	Cúbica	0-25	1,4	45	55
Roca triturada	Laminar	0-25	1,5	30	35
Guijarros	Redonda	0-63	1,5	30	35
Tierra seca	-	-	1,4	40	40
Mineral de hierro	Laminar	0-63	2,7	40	45
Carbón	-	0-100	0,9	30	35





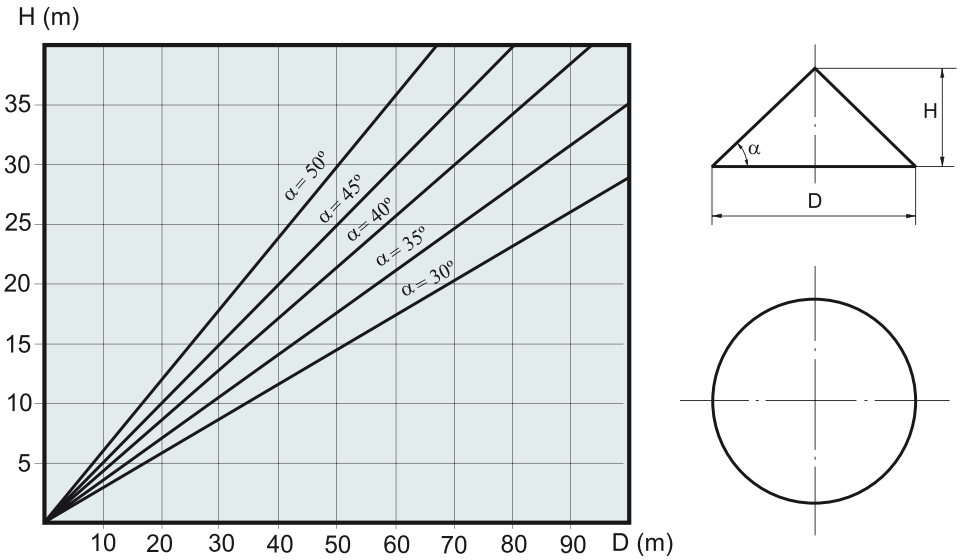
Para pies multiplique por 3,25  
 Para pies cúbicos multiplique por 35,3

### Sección transversal

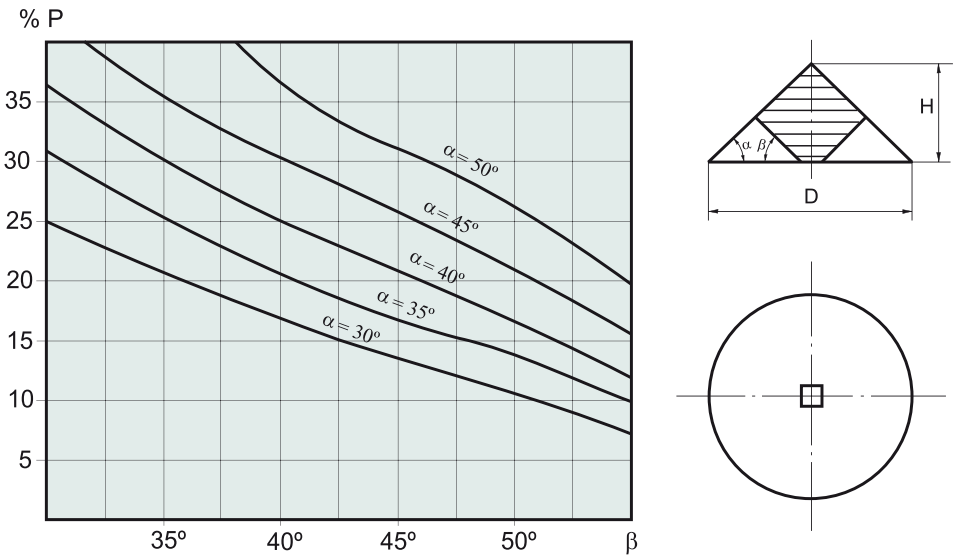


Para pies multiplique por 3,25

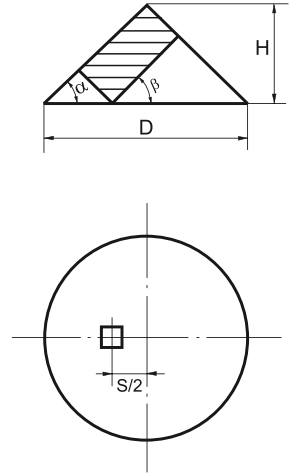
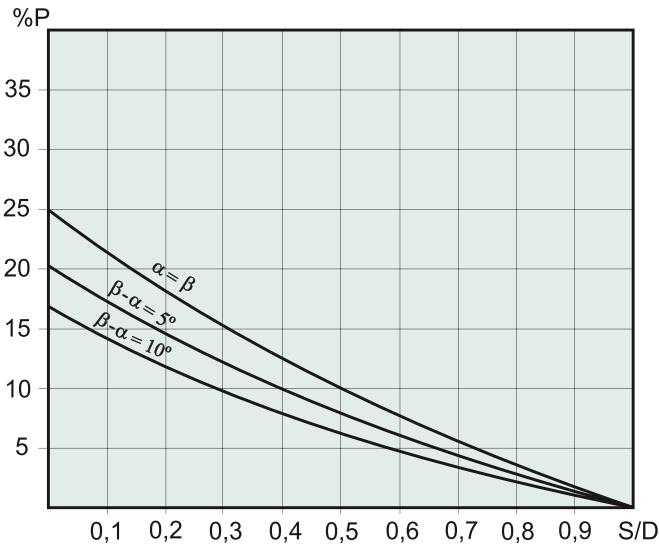
Relación entre la altura de la pila H y el diámetro D en función del ángulo de reposo  $\alpha$



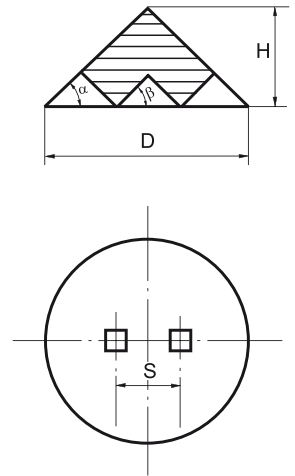
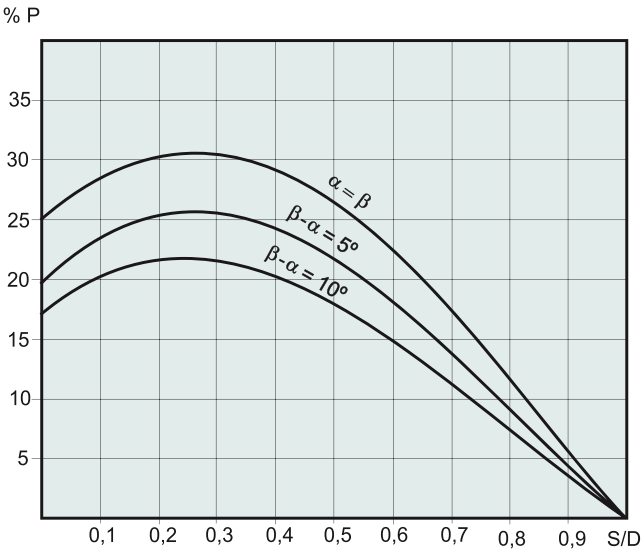
Porcentaje del volumen total de la pila que puede ser descargado por la salida central en función de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$



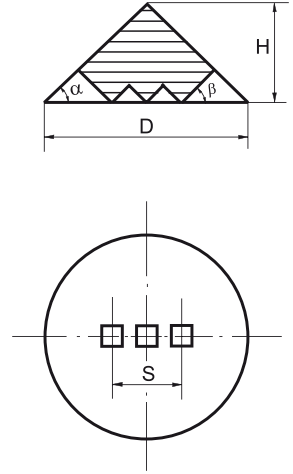
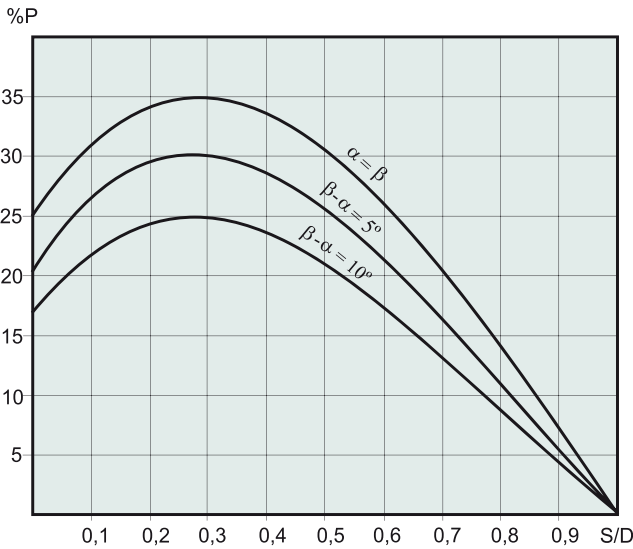
Porcentaje del volumen total de la pila que puede ser descargado por una salida desviada del centro  $S/2$  en función de  $S/D$  y la diferencia entre los ángulos  $\beta$  y  $\alpha$



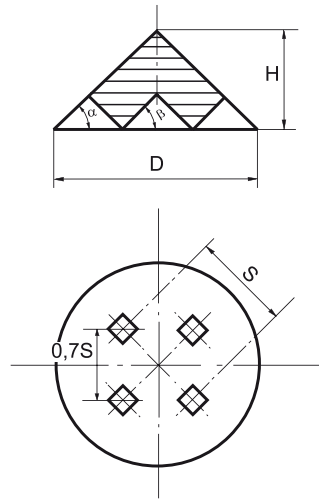
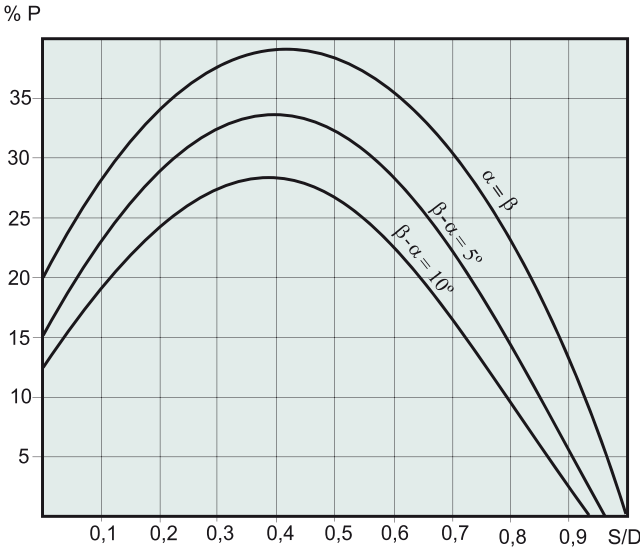
Porcentaje del volumen total de la pila que puede ser descargado por dos salidas con espaciamento  $S$  en función la diferencia entre los ángulos  $\beta$  y  $\alpha$



Porcentaje del volumen total de la pila que puede ser descargado por tres salidas con espaciamento S en función la diferencia entre los ángulos  $\beta$  y  $\alpha$

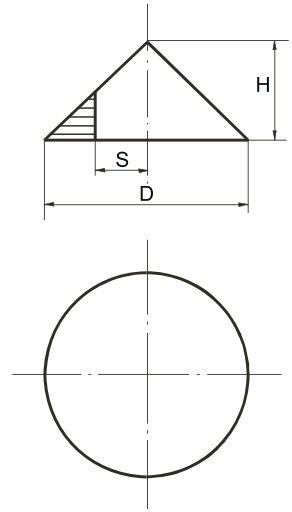
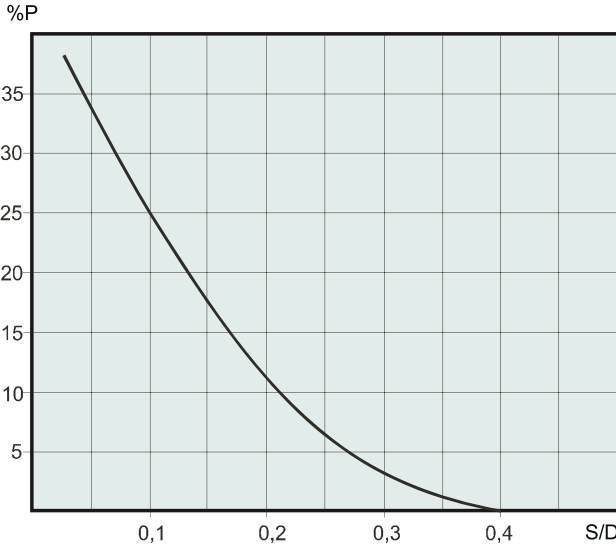


Porcentaje del volumen total de la pila que puede ser descargado por cuatro salidas con espaciamento S en función la diferencia entre los ángulos  $\beta$  y  $\alpha$

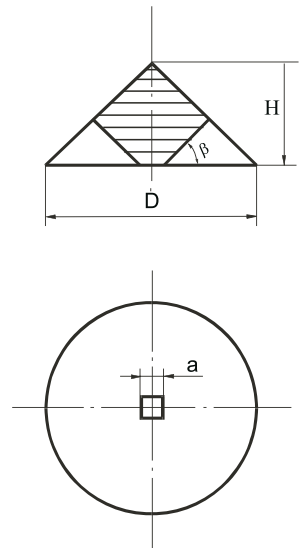
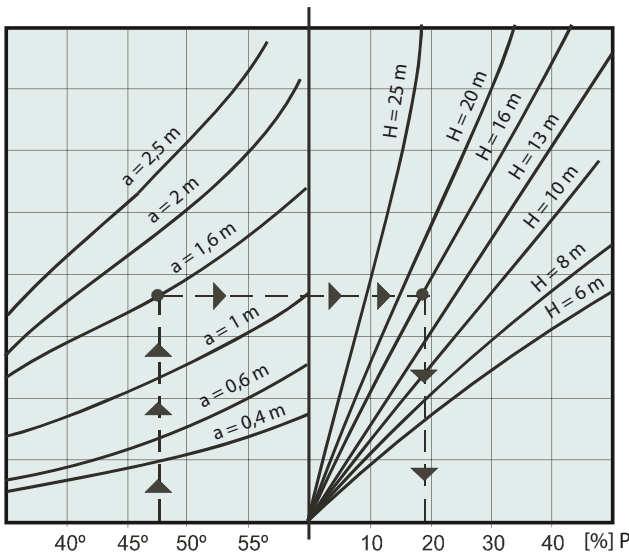




Porcentaje del volumen cortado por una pared lateral en función de S/D



Incremento porcentual del volumen descargado por la salida inferior en función del tamaño de la abertura de salida. Este gráfico es válido para cualquier número de salidas. Para calcular los volúmenes útiles multiplique los porcentajes de los gráficos en las páginas 14-3 – 14-5 por el porcentaje de incremento en el gráfico a continuación.



**UNIDADES DE CONVERSION**

Para pasar de	a	multiplique por
Atmósfera técnica	kg/cm <sup>2</sup>	1
Bar	kg/cm <sup>2</sup>	1,02
CV	HP	0,9863
CV	kW	0,7355
Galón (EE.UU.)	Galón (británico)	0,83267
Galón (EE.UU.)	Litro	3,785
Galón (EE.UU.)	Pulgada cúbica	231
Galón / min.	l/seg.	0,06308
Grados Celsius	Grados Fahrenheit	(°C*9/5) + 32
Grados Fahrenheit	Grados Celsius	(°F-32) * 5/9
CV	kilocaloría / hora	641,2
CV	kW	0,7457
J (kg * m <sup>2</sup> )	GD <sup>2</sup> (kg * m <sup>2</sup> )	39,24
Yarda	m	0,914
Yarda cúbica	m <sup>3</sup>	0,7646
Libra/pie cúbico	kg / m <sup>3</sup>	16,02
Libra	kg	0,453
Libra	Onza	16
Libra/pulgada cuadrada (PSI)	kg * m <sup>2</sup>	6,060
Litro	Galón	0,2642
Litro	Pulgada cúbica	61,02
Libra * pie	kgm	0,1383
Libra / pie cuadrado	kg / m <sup>2</sup>	4,882
Mega Pascal (Mpa)	kg / cm <sup>2</sup>	10,2
Metro	Yarda	1,094
Metro	Pie	3,281
Metro cúbico	Galón (EE.UU.)	264,2
Metro cúbico	Yarda cúbica	1,309
Metro cúbico	Pie cúbico	35,31
Metro cuadrado	Pie cuadrado	10,76
Metro cuadrado	Pulgada cuadrada	1.550
Metro * kilogramo	Libra * pie	7,233
Milla terrestre	m	1.609
Newton	kg	0,102
Onza	g	28,349
Pascal	kg / cm <sup>2</sup>	1,02*10 <sup>-5</sup>
Pulgada	cm	2,54
Pulgada cuadrada	m <sup>2</sup>	0,0929
Pie	cm	30,48
Pie cúbico	Galón (líquido)	7,4805
Pie cúbico	Litro	28,32
Pie cúbico / seg.	Galón / min.	448,831
Kilogramo	Libra	2,205
Kilogramo / cm <sup>2</sup>	Libra / pie cuadrado	2.048
Kilogramo / cm <sup>2</sup>	Libra / pulgada cuadrada	14,22
Kilómetro	Yarda	1.094
Kilómetro	Milla	0,6214
Kilocaloría	BTU	3,9685
Kilocaloría	CV * hora	1,560*10 <sup>-3</sup>
Kilovatio	CV	1,341
Kilovatio x hora	Kilocaloría	860,5
Tonelada (corta)	Libra	2.000
Tonelada (corta)	Kg	907,18
Tonelada (métrica)	Libra	2.240
Tonelada (métrica)	Kg	1016
Tonelada	Libra	2.205
Tonelada (métrica)	Kg	1,12
Wk <sup>2</sup>	GD <sup>2</sup>	4

## Operación y ambiente - Introducción

Desde el punto de vista del ambiente, salud y seguridad, las operaciones de procesamiento de minerales tienen algunos efectos negativos en el entorno de trabajo.

Los principales problemas son:

- **Polvo – (plantas en seco)**
- **Ruido (plantas en húmedo y en seco)**
- **Contaminación (emisiones a la atmósfera y el agua)**

## Polvo

### Polvo – tamaño

Cuando se introduce energía a la roca, mena o cristales minerales, se producirá la emisión de polvo. En el procesamiento de minerales se con-

sidera el polvo como siendo las partículas con tamaño inferior a 100 micrones. Las partículas secas con tamaños mayores son fáciles de controlar e inofensivas.

### Polvo – Composición química

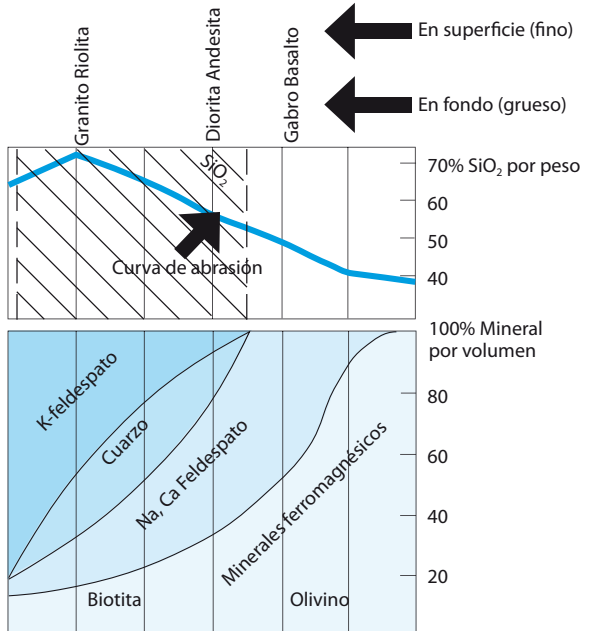
Un parámetro interesante es la composición química. En muchos casos la roca dura es peligrosa debido al contenido de sílice.

El cuarzo libre ( $\text{SiO}_2$ ) es extremadamente peligroso bien como las rocas que lo contienen, tales como el granito, gneis, etc. Véase figura a continuación. La sílice fina puede causar silicosis, una enfermedad pulmonar mortal. El silicato de manganeso del tipo de asbesto también es muy peligroso cuando inhalado, causando cáncer pulmonar.

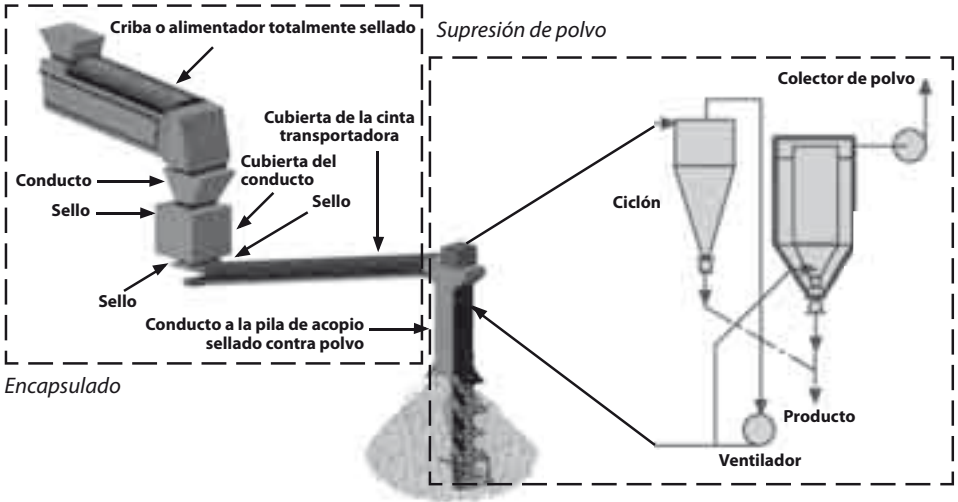
Puesto que muchos de los silicatos son duros y abrasivos, estas fracciones de polvo también causan un fuerte desgaste cuando en contacto con cojinetes, motores, etc.

### Polvo - Niveles de $\text{SiO}_2$

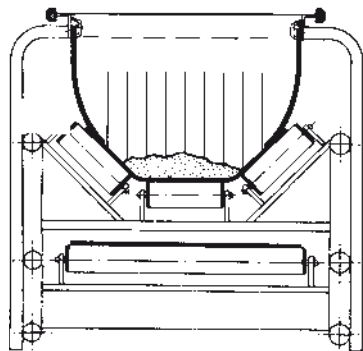
Las fracciones de polvo otras que las del tipo de sílice normalmente no son peligrosas para los operadores, creando un problema más de "aseo" que de otra cosa.



Niveles de  $\text{SiO}_2$  en roca magmática

**Controlo de polvo – Básico**

**Algunas indicaciones**

1. Deje que el polvo fluya con el resto del material o use sistemas de supresión de polvo.
2. La supresión con agua o espuma es barata y fácil pero solo quita el polvo grueso. El polvo fino seguirá siendo un problema. Si se usan grandes cantidades de agua el polvo se volverá arcilla pegajosa, resultando en paradas en la operación y congelación en climas fríos.
3. La encapsulación de las máquinas es muy eficiente desde que solo se procede al encapsulado del componente productor de polvo, y no los accionamientos o otras piezas móviles. El encapsulado también resulta muy eficaz contra la emisión de finos de los transportadores por viento y para sellar los puntos de transferencia, véase a continuación.
4. La supresión de polvo mediante ventilación se usa cuando el polvo es el producto (fracciones de molienda en seco y filler) o cuando el polvo no es permitido en el producto final o en el sistema de procesamiento, véase criterios de ventilación a continuación.


*Encapsulado del equipo*

*Encapsulado contra el viento*

**Criterios de ventilación**

Velocidad de captura de polvo en m/s (ft/min)

= Criterios de ventilación (Cv) en m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup> (ft<sup>3</sup>/min/ft<sup>2</sup>)

= Volumen de aire necesario por área abierta de encapsulado

El cálculo de sistemas de ventilación para supresión de polvo es complicado. A continuación se presentan algunas cifras estimadas.

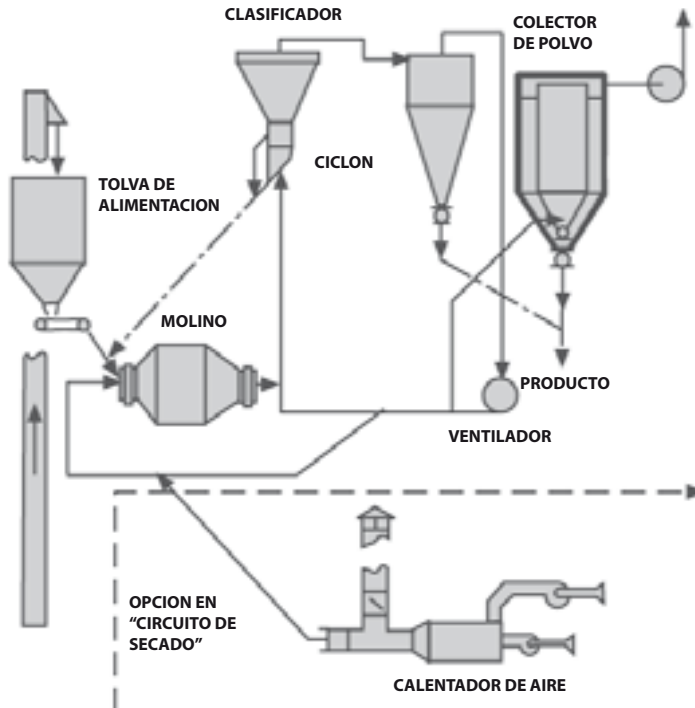
Aplicación	Cv	Comentarios
Alimentadores, aberturas de la tolva igualadora	1,02 (200)	Valor general para operaciones de baja energía
Puntos de transferencia	2,33 (1.500)	por área encapsulada
Cribas	0,26 (50)	por área de criba
Trituradoras y molinos en seco	1,5 (300)	no para molinos barridos por aire

**Control del polvo**

Los sistemas de supresión y colectores de polvo son muy parecidos en un circuito normal de clasificación en seco. La clasificación en seco es de hecho un sistema de supresión de polvo donde el tamaño máximo del polvo se controla mediante un clasificador (o criterios de ventilación), véase a continuación.

La recuperación primaria de polvo se hace normalmente mediante un ciclón que quita la mayor parte. La supresión final se hace mediante un lavador en húmedo o un filtro.

El lavador es más ventajoso que el filtro cuando el polvo es combustible. En todos los demás casos el filtrado en seco es más eficaz ya que no es necesario tratar lodos (como con los lavadores en húmedo).



## Ruido

### Generalidades

En el procesamiento de minerales hay varias máquinas ruidosas (trituradoras, cribas, y molinos).

Por definición el ruido es un "sonido no deseado". Puesto que el sonido "son variaciones de la presión del aire" tenemos que encontrar un nivel de presión de aire que pueda ser tolerado por los operadores. El ruido, además causar pérdida auditiva, también afecta negativamente a la presión sanguínea, causa distracción, interfiere en la comunicación verbal y la observación de señales de aviso o situaciones peligrosas.

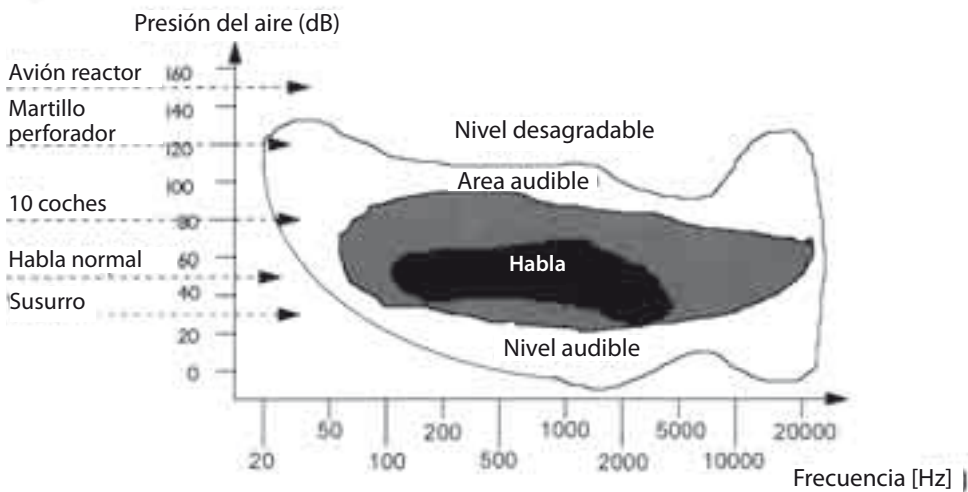
### Sonido – básico

Para el ser humano, el rango de presión de sonido desde el sonido más bajo audible hasta el sonido más alto soportable sin dolor es **de 0,00002Pa (2µPa) a 20 Pa.** (1 psi = 6,89kPa).

*Para ser más práctico, el rango de presión de sonido arriba mencionado se convierte en nivel de presión de sonido mediante la siguiente formula:*

**$L_p = 20x \log P/P_0$  ( $P_0 = 2 \mu Pa$ ) convirtiendo el rango arriba en 0-120 dB (decibeles)!**

Sonido experimentado	cambio de dB
Nivel de sonido doble	+ 10dB
Fuentes de sonido dobles	+ 3dB
Distancia doble a la fuente de sonido	- 6 dB



Rango de audición de un oído normal

El limite inferior es el umbral de audición y tiene una sensibilidad máxima de cerca de 3500 Hz (frecuencia de resonancia del oído)

La línea superior es la línea de presión de sonido de 120 dB (línea de dolor)

**El ruido mecánico se mide em dB (A)**, indicando el uso de un filtro A, amortiguando las frecuencias más bajas (menos perjudiciales a los operadores)

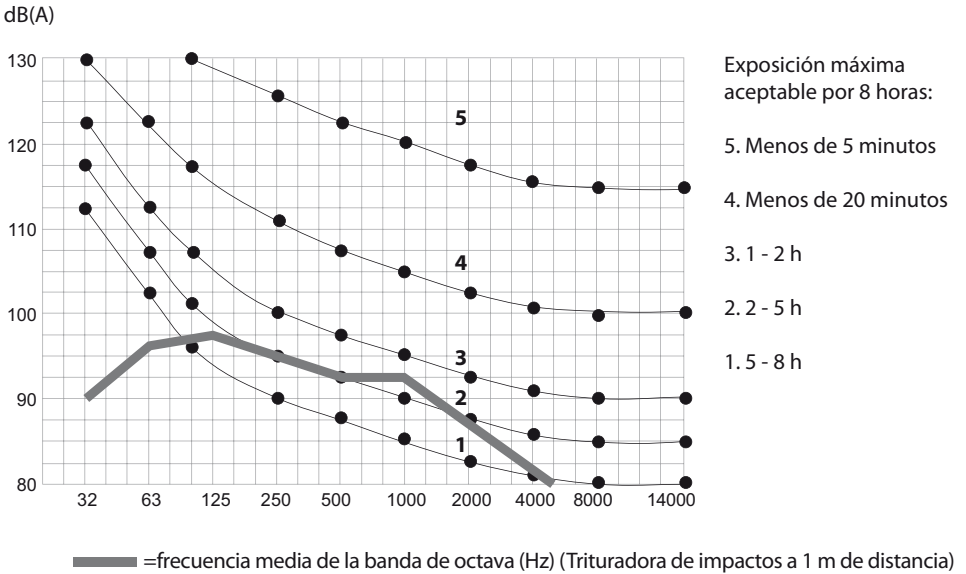
**Infrasonido** es el sonido con frecuencia inferior a 2 Hz (puede ser perjudicial en exposiciones más largas)

**Ultrasonido** es el sonido con frecuencia superior a 18 kHz (puede ser perjudicial en exposiciones más largas)

**Ruido – riesgos de exposición**

Para un sonido continuo con un ancho rango de frecuencia un nivel de sonido inferior a 85 dB(A) es aceptable para una exposición de 8 horas por día, en lo que respecta al riesgo de pérdida auditiva.

Si el nivel de sonido fuera superior, se requiere un análisis de banda de octava. Se compara esta curva con las curvas de riesgo estándares, véase a continuación.


**Reducción del ruido**

Hay cuatro maneras principales de reducir los niveles de ruido en los sistemas de procesamiento, incluyendo trituradoras, molinos y cribas.

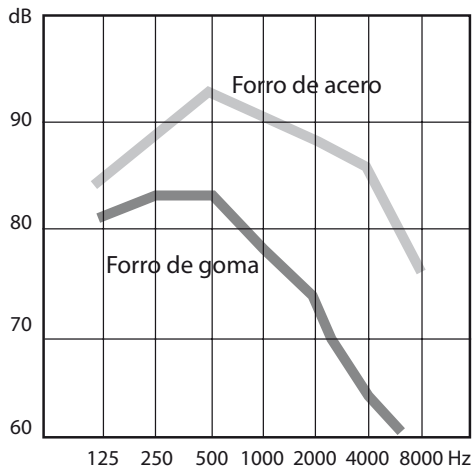
- Operación optimizada
- Uso de polímeros "internos" (material de desgaste y productos de desgaste)
- Uso de polímeros "externos" (encapsulado)
- Encapsulado con paredes para reducción de ruido.

en los sistemas de tratamiento de materiales (conductos y puntos de transferencia) tiene un efecto dramático en la reducción de ruido.

Para molinos, un forro de goma puede reducir el nivel de ruido en 10 dB(A) en comparación con los forros de acero.

**Operación optimizada**

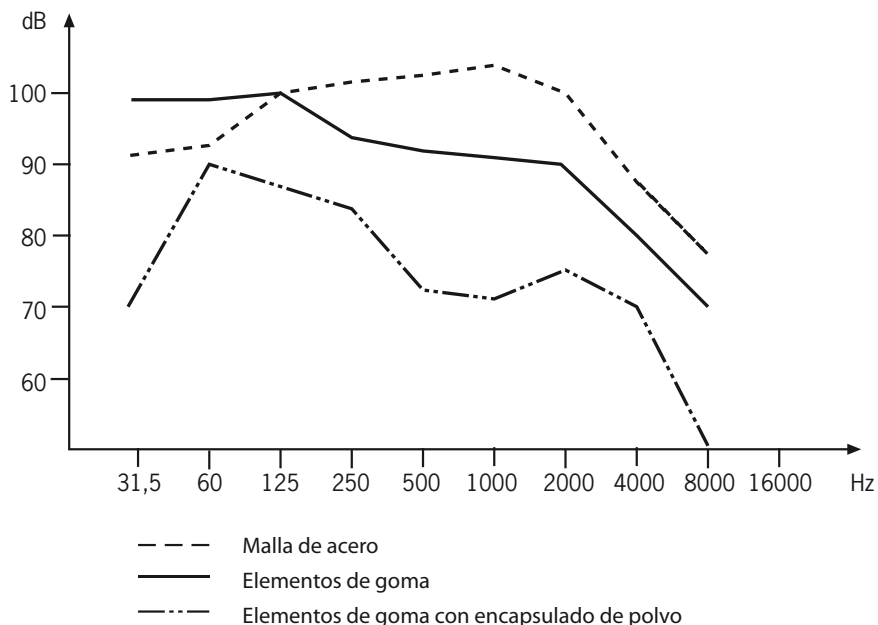
Los equipos de procesamiento tales como las trituradoras y las cribas producen menos ruido cuando operan bajo condiciones optimizadas con el material absorbiendo una parte del ruido (p.ej. trituradoras de cono con alimentación plena). La reducción de las cargas de recirculación también resulta en la reducción del nivel ruido.


**Polímeros internos**

El uso de polímeros como forros de los molinos, mallas de criba y protección contra el desgaste

**Polímeros externos**

El uso de polímeros para sellado de polvo en el encapsulado de trituradoras, cribas, conductos, puntos de transferencia, etc., producirá una reducción de ruido de cerca de 5 – 10 dB (A). La diferencia para una criba con piso de malla de acero y malla de goma se presenta a continuación.

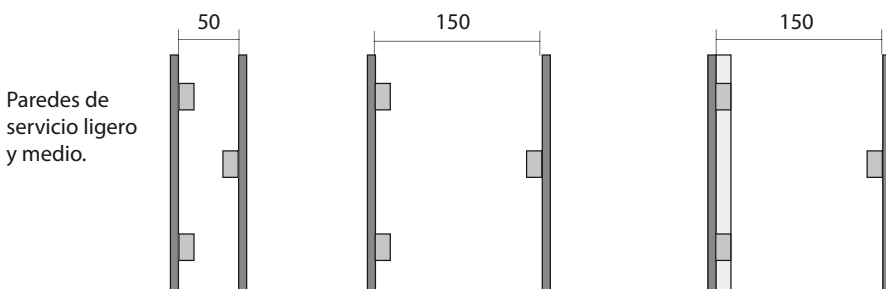


**Una regla simple: Cuanto más polímeros usados para varios propósitos en sistemas de procesamiento de minerales, más bajo será el nivel de ruido.**

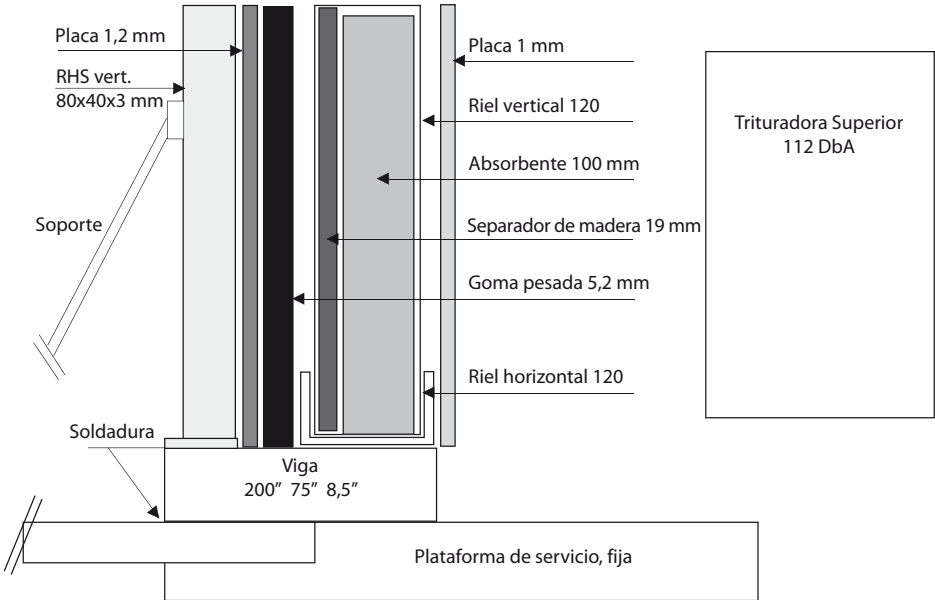
**Paredes reductoras de ruido**

La encapsulación es una manera eficaz para reducir el ruido. El grado de encapsulado puede ser mayor o menor (encapsulado de un accionamiento, máquina o ambos). Con encapsulación total el nivel de ruido puede reducirse en 10 – 15 dB (A).

Dependiendo de la tarea el diseño de las paredes reductoras de ruido puede variar:





**Pared de servicio pesado para trituradoras,  
sección transversal**

**Protección del oído**

Cuando se trabaja en entornos laborales con altos niveles de ruido es de sumamente importante usar siempre protectores auditivos. También se recomienda el uso de protectores auditivos con niveles de ruido de 75-80 dB (A), puesto que la exposición prolongada a estos niveles de ruido también puede causar pérdida auditiva.

Reglas buenas para protección auditiva.

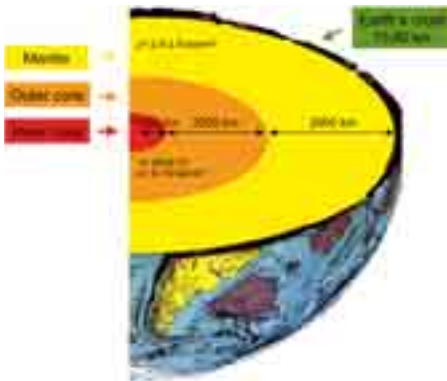
- Haga una pausa "de ruido" de vez en cuando
- Controle su función auditiva regularmente
- Compruebe sus protectores auditivos con regularidad

## MINERALES Y ROCAS

### 1 Geología

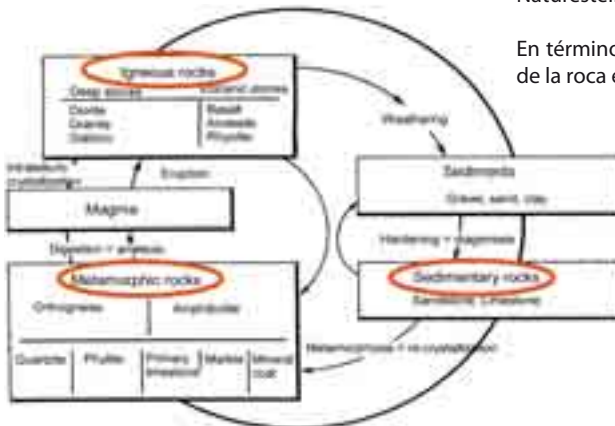
Según las teorías actuales, nuestro sistema solar empezó a formarse a partir del polvo hace unos 4.600 millones de años. Este valor fue obtenido a través del análisis de los meteoritos. Los tipos de roca más viejos, con cerca de 3.930 millones de años han sido encontrados en la Antártica.

La estructura del globo consiste en cuatro elementos principales: el núcleo interior, el núcleo exterior, el manto y la corteza. El radio de la Tierra es de cerca de 6.370 km. Su núcleo de hierro y níquel corresponde a 3.400 km. La densidad media de la Tierra es de 5.500 kg/m<sup>3</sup>. Puesto que la densidad de la roca en corteza terrestre es de 2.800 kg/m<sup>3</sup>, la densidad de las zonas interiores debe ser muy alta, hasta 10.000 kg/m<sup>3</sup>.

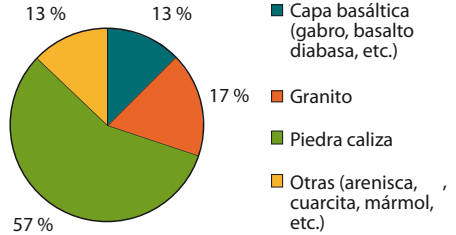


Fuente: Internet

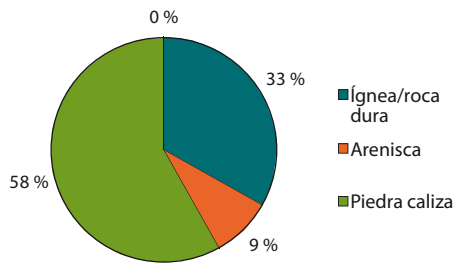
El origen de los diferentes tipos de roca se puede resumir como se ilustra en el siguiente diagrama:



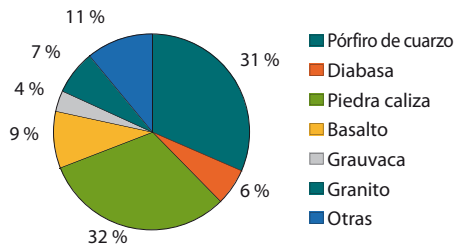
La ocurrencia de los diferentes tipos de roca varía geográficamente. En los EE.UU., Reino Unido y Alemania, la distribución de los diferentes tipos de roca es la siguiente:



Producción de roca triturada en EE.UU., por tipo de roca. Source: **U.S.** Geological Survey.



Producción de roca triturada en el **Reino Unido**. Fuente: Quarry Product Association. Statistical Year Book.

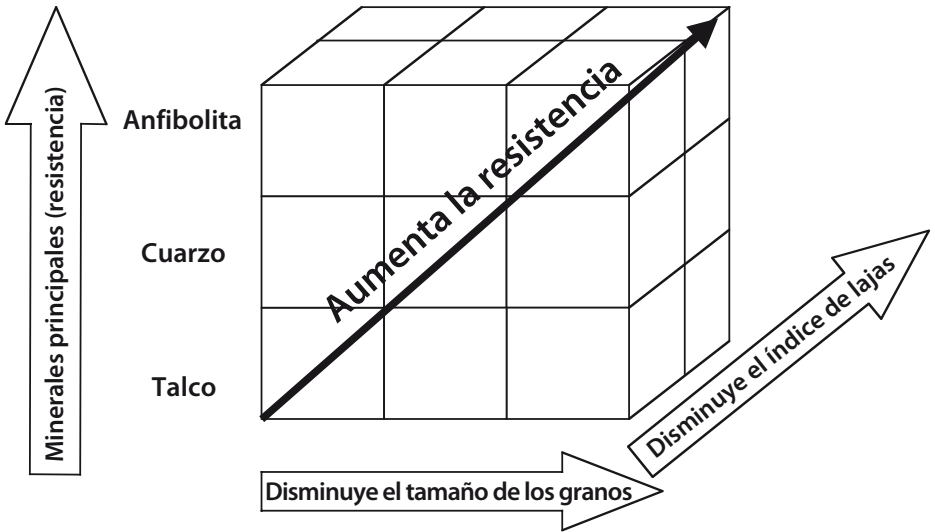


Tipos de roca en canteras de **Alemania**. Fuente: Naturestein Ind. Statistics.

En términos generales, se puede decir que 2/3 de la roca en la Tierra es piedra caliza.

La resistencia de la roca depende principalmente de la composición mineral de la estructura de la roca. El granito, por ejemplo, consiste principalmente en feldespato duro y cuarzo en granos que forman una roca relativamente dura. El esquisto consiste principalmente en minerales de arcilla blando con una estructura laminar que se laja fácilmente -> relativamente blando.

Una regla empírica es que las rocas ígneas y metamórficas = bastante duras; las rocas clásticas sedimentarias = bastante blandas; la piedra caliza varía, por ejemplo la creta = blanda, otros tipos de piedra caliza pueden ser muy duros. Un abordaje simplificado implica resumir el impacto de las distintas variables en un cubo 3-D.




La dureza de los minerales varía en conformidad con el gráfico.

En geología, la dureza de los minerales se define en base a la escala de dureza de MOHS:

### Dureza y mineral

1	Talko	$Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$
2	Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Calcita	$CaCO_3$
4	Fluorita	$CaF_2$
5	Apatito	$Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$
6	Ortoclasa	$KAlSi_3O_8$
7	Cuarzo	$SiO_2$
8	Topacio	
9	Corindón	$Al_2O_3$
10	Diamante	

### Puede ser rayado con:

-  uña
-  moneda
-  vidrio
- metal duro

## 2. Mineral

Un mineral es una sustancia inorgánica de origen natural definida con exactitud según sus características físicas y químicas.

### 2.1 Roca

Roca es un material constituido como un agregado natural de uno o más minerales, formando la corteza de la Tierra. En algunos casos, las rocas pueden consistir en uno solo mineral como en el caso de la piedra caliza, que contiene solamente calcita, roca argilosa estratificada y capas de cuarcita, etc. Las rocas pueden ser sólidas, como el granito, o disgregadas como la arena. Normalmente las rocas están formadas por más de un mineral. Algunos de los minerales son predominantes y forman los componentes esenciales. Otros, en menor cantidad, constituyen los minerales accesorios.

### 2.2 Mena

Mena es un mineral o roca que contiene concentraciones metálicas o minerales que se pueden extraer económicamente. La mena es la fuente de la que se puede extraer un metal u otras sustancias minerales.

### 2.3 Rocas

Las rocas se dividen en tres categorías principales:

- a) Magmáticas, eruptivas o ígneas
- b) Sedimentarias
- c) Metamórficas

#### 2.3.1 Rocas ígneas

Las rocas ígneas se forman cuando el magma se enfría y solidifica. Según el lugar de formación se clasifican como:

- a) Intrusitas, plutónicas o abisales, que se forman en profundidad bajo la corteza super-

ficial. Debido a su enfriamiento muy lento, presentan grandes cristales con textura fanerítica, o sea cristales gruesos. Ejemplos: granito, pegmatita, etc.

- b) Extrusivas, volcánicas o efusivas, que se forman por erupción en la superficie terrestre. Debido a su enfriamiento rápido (solidificación) presentan cristales pequeños con textura afanítica y se caracterizan por la presencia de vidrio. Ejemplos: Basalto, felsitas, etc.

A veces se incluye un grupo intermedio:

- c) Hipabisales – formadas a profundidades intermedias, presentan características intermedias entre los tipos intrusivos y extrusivos. Ejemplo: Diabasa.

Una clasificación común para las rocas ígneas es la en base al contenido de sílice.

El significado de los términos ácido y base no corresponde al usado en química.

#### 2.3.2 Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se pueden dividir en tres grupos:

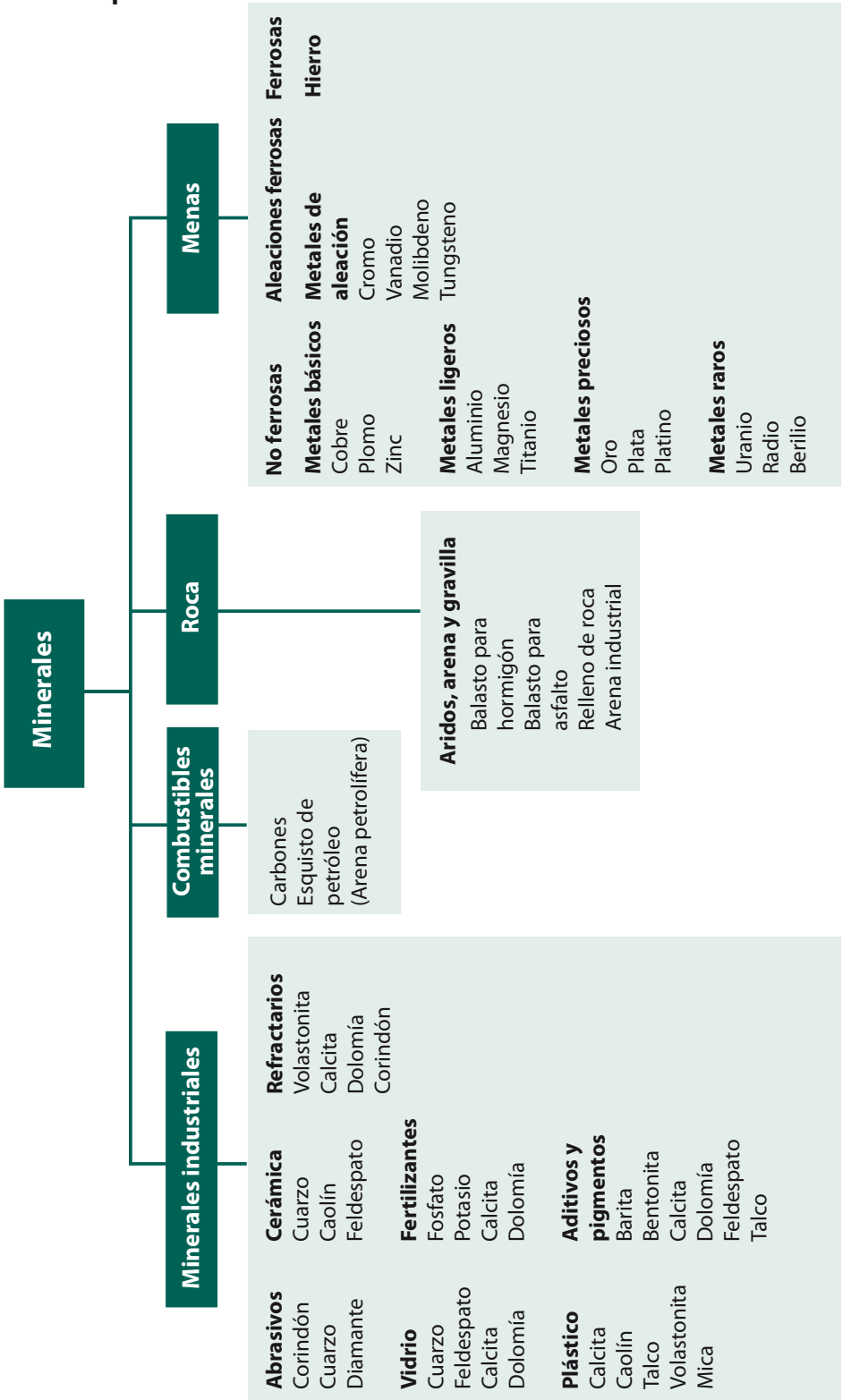
- a) Clásticas, mecánicas o detríticas – formadas por fragmentos de rocas ya existentes
- b) Química – rocas formadas por la precipitación de elementos disueltos en agua
- c) Orgánicas – formadas por depósito y diagénesis de restos orgánicos de origen vegetal o animal

#### 2.3.3 Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas resultan de la acción de agentes de metamorfismo sobre rocas sedimentarias e ígneas cambiando su textura y composición mineral. Los principales agentes de metamorfismo son la presión y la temperatura.

Clasificación	% sílice	Cuarzo	Ejemplo
Acida	> 65	Presente	Granito, pegmatita
Neutral	52 – 65	Escaso o nulo	Sienita, diorita
Básica	45 – 52	Muy raro	Gabro, diabasa, basalto
Ultrabásica	< 45	Nulo Feldespatos escasos	Periodotita, dunita, piroxenita

## Minerales por valor



Roca	Formación	Impacto W1	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	Índice de abrasión (A <sub>1</sub> )	Resistencia a la compresión (Kp/cm <sup>2</sup> )	Granulación	Color
Andesita	Ignea	16 ± 2	2,6 - 2,8	1,6	0,5	1.700 - 3.000	Fina	Negro / Gris
Anfibol	Metamórfica	16 ± 3	2,8 - 3,0	1,7	0,2 - 0,45	-	Media a gruesa	Verde oscuro o negro
Arenisca	Sedimentaria	10 ± 3	2,7	1,6	0,1 - 0,9	300 - 1.800	Media a gruesa	Blanco / Gris
Basalto	Ignea	20 ± 4	2,9 - 3,0	1,8	0,2 ± 0,1	3.000 - 4.000	Fina < 0,1 mm	Negro / Gris
Piedra caliza	Sedimentaria	12 ± 3	2,7	1,6	0,001 - 0,03	800 - 1.800	Fina a gruesa	Blanco a oscuro
Carbón	Sedimentaria	14 ± 4	1,0 - 1,8	0,8	-	-	Fina	Gris a negro
Clinker	-	-	-	1,2	-	-	Fina	Gris
Coque	-	-	-	0,6	-	-	Fina	Gris a negro
Diabasa	Ignea	19 ± 4	2,8 - 2,9	1,7	0,3 ± 0,1	2.500 - 3.500	Media a gruesa	Negro a gris
Diorita	Ignea	19 ± 4	2,7 - 2,8	1,6	0,4	1.700 - 3.000	Gruesa	Negro con manchas blancas o gris
Dolomía	Sedimentaria	12 ± 3	2,7	1,6	0,01 - 0,05	500 - 2.000	Fina a gruesa	Blanco o gris, marrón rojizo
Gabro	Ignea	20 ± 3	2,9 - 3,0	1,8	0,4	1.700 - 3.000	Gruesa > 2mm	Gris oscuro a negro
Gneis	Metamórfica	16 ± 4	2,7	1,6	0,5 ± 0,1	2.000 - 3.000	Media a gruesa	Gris o rosa con capas oscuras
Granito	Ignea	16 ± 6	2,7	1,6	0,55 ± 0,1	2.000 - 3.000	Gruesa > 2mm	Blanco / gris a marrón rojizo
Hematita	Sedimentaria	-	5,1	2,2 - 2,4	0,35 ± 0,2	-	Fina	Oscuro
Magnetito	Sedimentaria	-	5,7	2,2 - 2,4	0,50 ± 0,2	-	Fina	Oscuro
Mármol	Metamórfica	12 ± 3	2,7	1,6	0,001 - 0,03	800 - 1.800	Media a gruesa	Blanco, amarillo, rojo verdoso o negro
Pórfiro	Ignea	18	2,7	1,6	0,1 - 0,9	1.800 - 3.000	Gruesa > 2mm	Gris oscuro a negro, marrón rojizo o purpúreo
Cuarcita	Metamórfica	16 ± 3	2,7	1,6	0,75 ± 0,1	1.500 - 3.000	Media	Blanco, gris o rojizo
Sienita	Ignea	19 ± 4	2,7 - 2,8	1,6	0,4	1.700 - 3.000	Gruesa	Rojo o negro / gris-verdoso
Silex (Homfels)	Metamórfica	18 ± 3	2,8	1,65	0,7	1.500 - 3.000	Fina	Gris, azul, verde, o negro

*Propiedades mecánicas de algunos minerales*

### 3 Propiedades físicas de los minerales

Puesto que el proceso de cominución es la interacción entre la máquina y los minerales, es necesario conocer bien las características de cada uno de estos elementos. Este capítulo se concentra en las características físicas de los minerales desde el punto de vista de la trituración.

D – dureza relativa – escala de Mohs

p – densidad sólida –  $t/m^3$

$\rho_b$  – densidad aparente –  $t/m^3$

CR – triturabilidad - %

ABR – abrasividad – g/t

Ai – índice de abrasión –

Wi – índice de trabajo – kWh/tc

LA – valor Los Angeles

UCS – resistencia a la compresión uniaxial – N/mm<sup>2</sup>

granulometría de las partículas

forma de las partículas

Metso Minerals tiene varios laboratorios modernos de investigación y ensayo donde se puede determinar el comportamiento de los materiales en los procesos de cominución.



### 3.1 Escala de dureza de Mohs

La escala de dureza de los minerales fue definida en 1812 por el mineralogista alemán Frederick Mohs (1773 - 1839). Es una escala relativa según la cual los minerales se clasifican comparando su dureza con la de los minerales de referencia. Cada mineral raya el anterior y es rayado por el siguiente.

Mineral de referencia	Dureza	Dureza absoluta
Talco	1	1
Yeso	2	2
Calcita	3	9
Fluorita	4	21
Apatito	5	48
Feldespato de ortoclasa	6	72
Cuarzo	7	100
Topacio	8	200
Corindón	9	400
Diamante	10	1.500

Tabla Escala de dureza de Mohs

### 3.2 Densidad sólida ( $\rho$ )

La densidad sólida se define como siendo la masa de una muestra dividida por su volumen sólido ( $t/m^3$ ). A menudo, densidad sólida y gravedad específica son expresiones ambiguas. La gravedad específica no tiene dimensión, igual que la densidad del material dividida por la densidad del agua.

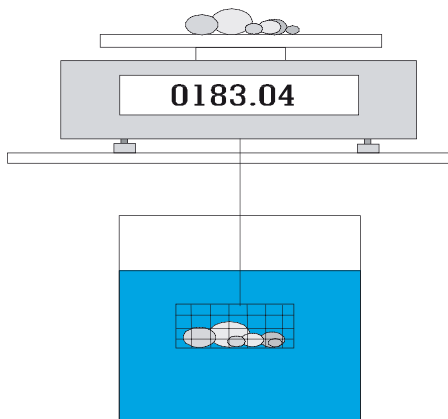
Puesto que la densidad del agua es de 1.000 kg/ $m^3$  en unidades SI, la gravedad específica de un material es aproximadamente la densidad sólida del material medida en  $t/m^3$ . La densidad exacta del agua a 1 atm y 20°C es de 998,2 kg/ $m^3$  y varía poco con la temperatura.

La razón para medir la gravedad específica en términos de la densidad del agua es que esa es la manera más fácil de medirla en el campo. Con la forma irregular de una roca, resulta muy difícil medir su volumen con exactitud. La manera más exacta es introducir la roca en un cilindro graduado lleno de agua y medir el volumen agua desplazada. También es posible simplemente suspender la muestra con una balanza y pesarla en inmersión.

Un método práctico utiliza dos mediciones. Primero la muestra de roca es pesada seca al aire. (m.) Al mismo tiempo un contenedor suspenso de la balanza es introducido en el agua. Luego

se introduce la muestra en el contenedor y se pesa en inmersión. La gravedad específica es el resultado de la división del peso de la muestra seca por la sustracción del peso de la muestra seca y el peso de la muestra en inmersión. En unidades SI el resultado también es la densidad sólida en  $t/m^3$ .

$$\rho = m_1 / (m_1 - m_2)$$



Medición de la gravedad específica.



### 3.3 Densidad aparente ( $\rho_b$ )

El método más común para determinar la densidad aparente suelta utiliza un contenedor seco y limpio. La muestra de árido debe ser secada a 110°C hasta se obtiene una masa constante. Se pesa el contenedor ( $m_1$ ). Se llena calmamente el contenedor hasta rebosar el árido. Debe minimizarse la segregación mientras se llena el contenedor. Se debe remover cualquier exceso de árido con una regla, evitando compactar la superficie. Se pesa en contenedor lleno ( $m_2$ ).

La densidad aparente es la masa espécimen dividida por el volumen del contenedor.

$$\rho_b = (m_2 - m_1) / V$$

La densidad aparente compactada es siempre mayor o igual que la densidad aparente suelta. Debido a la variación en el grado de compactación, la densidad aparente no es tan exacta como la densidad sólida.

La densidad aparente no es solo una medida de propiedad física de la roca, sino una medida del producto de áridos. También depende de la granulometría y forma del producto.

### 3.4 Abrasividad (ABR) y triturabilidad (CR)

El propósito del ensayo es determinar la abrasividad y triturabilidad. La abrasividad da una idea del desgaste causado por la roca. El valor de triturabilidad puede ser usado para calcular el grado de dificultad de triturar el material usado en la prueba.

El aparato de prueba consiste en un cubo exterior que gira la paleta de prueba verticalmente dentro de una taza cilíndrica. El cubo y la paleta giran a una velocidad de 4500 rpm. El diámetro interior de la taza es de 90 mm y la altura de 100 mm.

La paleta de 50 x 25 x 5 mm debe ser secada, limpia y pesada antes de la prueba. La muestra de roca debe ser de una fracción de 4/6,3 mm y pesar 500 g.

La paleta se fija a la ranura del cubo. Se colocan los 500 g de material en el tambor. La paleta rueda durante 5 minutos. Se vacía el tambor y se criba el material en un tamiz de 1,6 mm. Se pesa el material pasante y se limpia y pesa la paleta.

#### 3.4.1 Cálculo del resultado

$$ABR = (M_{\text{antes}} - M_{\text{después}}) * 1000 / 0.5 \text{ [g/t]}$$

**ABR** = Abrasividad

**M<sub>antes</sub>** = la masa de la paleta limpia y seca antes del ensayo de abrasividad (g)

**M<sub>después</sub>** = la masa de la paleta limpia y seca después del ensayo de abrasividad (g)

$$CR = m_{1,6} / M \text{ [%]}$$

**CR** = Triturabilidad

**m<sub>1,6</sub>** = la masa de partículas menores de 1,6 mm producidas durante el ensayo

**M** = la masa de partículas usada en el ensayo

Abrasividad/Triturabilidad es el método estándar de Metso Minerals para determinar la abrasividad y triturabilidad de la roca.

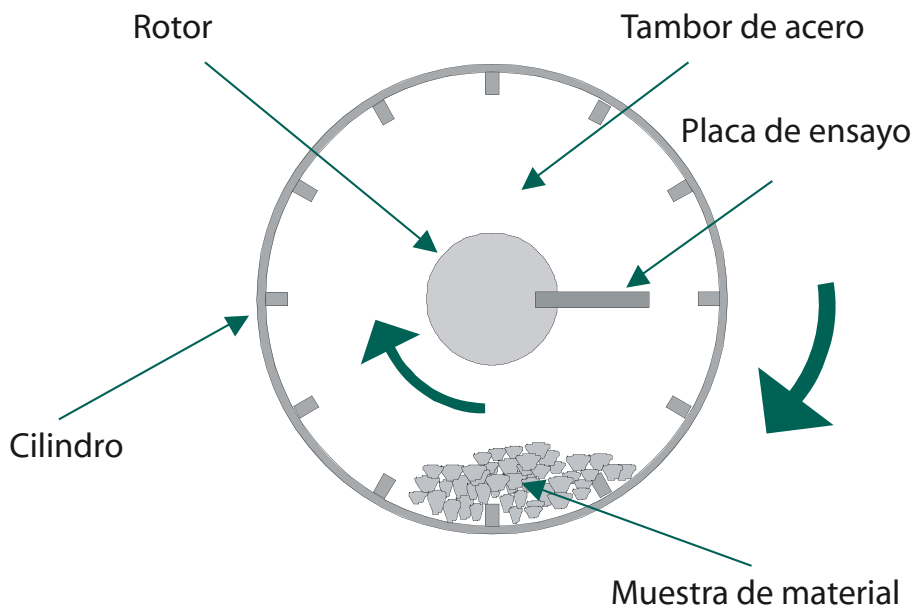


*Medidor de abrasión*

#### 3.5 Índice de abrasión (Ai)

El índice de abrasión es un parámetro que indica la fuerza de abrasión de un material, normalmente proporcional al porcentaje del contenido de sílice libre.

El ensayo se lo realiza en un pequeño tambor rotativo con rotor concéntrico, al cual está fijada una placa estándar de acero. El objetivo es desgastar la placa girando el tambor y el rotor juntos con la muestra. El índice de abrasión es numéricamente igual que la pérdida de peso (gramos) de placa.



*Máquina de abrasión Pennsylvania (Bond)*

El diámetro del cilindro exterior es de 305 mm y el del cubo interior es de 110 mm. En la superficie del cilindro hay 12 pequeñas baldas. Cuando el tambor gira estas baldas levantan el material que al caer choca contra la paleta o el fondo del tambor de acero.

**Preparación de la paleta:** Antes del ensayo se alisa la paleta con una lima fina para eliminar cualquier rebaba o arista viva. Se limpia, seca y pesa la paleta.

**Muestra de roca:** El material de la muestra es una composición de 200 g de una fracción de 12/16 mm y 200 g de una fracción de 16/19 mm. La cantidad total  $4 \times 400 \text{ g} = 1.600 \text{ g}$  de una fracción de 12/19.

**Procedimiento:** Se fija la paleta a la ranura del cubo interior. Se introducen 400 g del material de la muestra en el tambor. Se gira el tambor con la paleta durante 15 minutos. La paleta gira en la misma dirección que el tambor, pero a una velocidad nueve veces mayor. Transcurridos los 15 minutos se vacía el tambor y se repite tres veces el procedimiento con material nuevo de manera que la paleta esté sujeta desgaste durante una hora. Después de girar durante una hora la paleta es retirada, lavada y secada. Se pesa la paleta. La pérdida de peso en gramos es el índice de abrasión ( $A_i$ ) del material.

## 2.6 Índice de trabajo (Wi)

La demanda de energía es uno de los factores más importantes en todos los procesos de reducción de tamaño. Además del alto coste, la energía necesaria para realizar el proceso también es un factor decisivo en la selección y dimensionamiento de algunos de los principales equipos del proceso.

Se han desarrollado varios métodos para calcular la energía requerida para la fragmentación de los minerales. El más conocido, y probablemente el más exacto y ampliamente comprobado es el método desarrollado por F.C. Bond en el centro de ensayos de Allis Chalmers.

Según el método de F. C. Bond los requisitos de potencia de los procesos de molienda de minerales son determinados por el factor conocido como "Índice de trabajo" ( $W_i$ ).

Este factor expresa en kWh el valor del trabajo requerido para reducir el tamaño de una tonelada corta de material con un tamaño de alimentación teóricamente infinito a un producto con un porcentaje pasante del 80% en una criba de  $100 \mu$ .



*Aparato de doble péndulo*

La fórmula empírica para calcular la energía requerida para reducir una tonelada corta es la siguiente:

$$E = 10 * W_i * [1/\sqrt{P} - 1/\sqrt{F}]$$

**E** = energía requerida (kWh/tc)

**W<sub>i</sub>** = índice de trabajo (kWh/tc)

**P** = malla en micrones a través de la cual pasa el 80% del producto

**F** = malla en micrones a través de la cual pasa el 80% de la alimentación

El factor **W<sub>i</sub>** es determinado con aparato de doble péndulo o en molinos de bolas o barras.



*Molino de bolas 12"x12" (Molino de bolas Bond)*



*Molino de barras 12"x24" (Molino de barras Bond)*

### 3.7 Valor Los Angeles (LA)

Esta prueba es una medida de la degradación de agregados de minerales de procedimiento de molienda estándar, y ha sido ampliamente utilizada en la medición de la calidad de áridos. Estándares relacionados con este método: ASTM C 131, ASTM C 535, EN 1097-2.

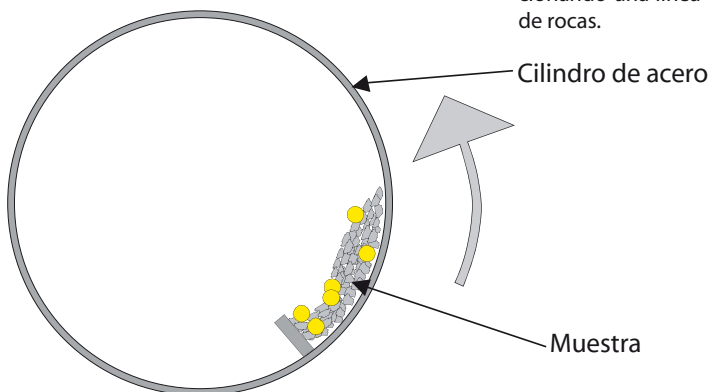
La máquina Los Angeles consiste en un cilindro con longitud interna de 508 mm y diámetro exterior de 711 mm. Su eje de rotación se monta horizontalmente. Se monta una balda con 90 mm de fondo y 25 mm de espesor en el interior del cilindro.

Se introduce la muestra de áridos con un peso de 5000 g dentro del cilindro y, dependiendo de la granulometría de la muestra se añaden 6, 8, 11 o 12 bolas de acero con 46,8 mm de diámetro. Se cierra la tapa y se gira el cilindro 500 vueltas a una velocidad de 30 – 33 rpm. Se abre la tapa y se descarga el contenido del cilindro en la bandeja colocada por debajo de la abertura. Se retiran las bolas de acero y se criba la muestra en un tamiz de 1,70 mm (1,6 mm EN 1097-2). Se seca y pesa la fracción retenida en el tamiz. Resultado, se calcula el valor Los Angeles como sigue:

$$LA = (5000-m)/50$$

Donde: m = masa retenida en una tamiz de 1,70 mm expresada en gramos.

El valor Los Angeles no es solo una medida de propiedad física de la roca, sino una medida del producto de áridos. También depende de la forma del producto.



Máquina de ensayo Los Angeles

### 2.8 Resistencia a la compresión uniaxial (UCS)

La resistencia a la compresión uniaxial (o no confinada) es una medición común usada para varios fines en las industrias de minería y trituración. El método más común usa especímenes cilíndricos. La longitud del espécimen debe ser por lo menos 2,5 veces su diámetro y las puntas paralelas. Se aplica presión progresiva sobre la muestra hasta que se rompa y la carga compresiva disminuya. Se registra la fuerza y la deformación durante el ensayo. La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) se calcula como sigue:

$$UCS = F / A$$

Donde:

F = el pico de la fuerza compresiva (N)

A = área de la sección transversal del espécimen (mm<sup>2</sup>)

El módulo de Young puede ser determinado a partir de la curva de esfuerzo-deformación. Es una medida muy útil al evaluarse la tenacidad de la roca. Máquinas avanzadas de carga compresiva pueden medir el coeficiente de Poisson de la roca.

### 3.9 Estadísticas

El muestreo y la preparación de las muestras son factores decisivos para los resultados de la medición de las propiedades de la roca. En estos ensayos de laboratorio el tamaño de la muestra es siempre pequeño y los resultados son válidos solo para la muestra, lo que se debe tener en consideración al tomarse la muestra.

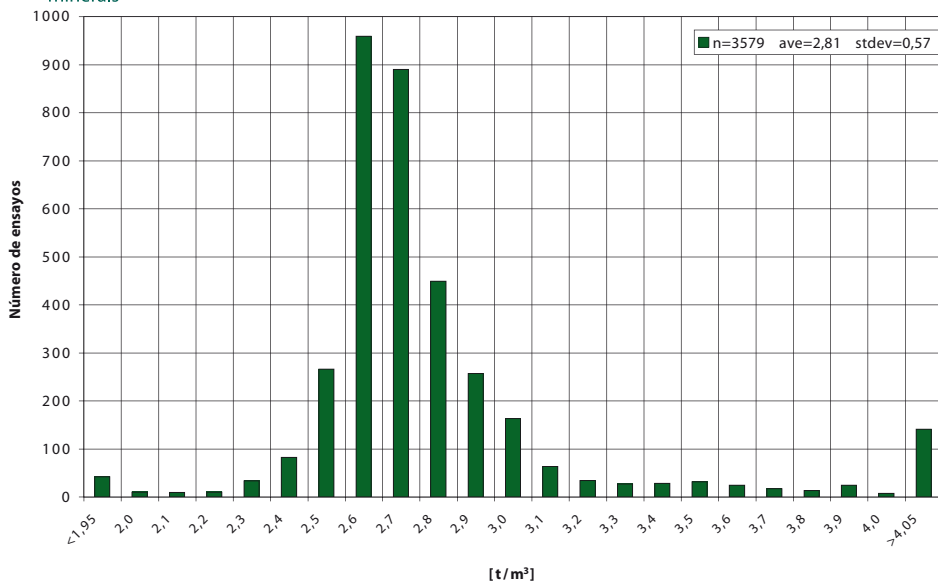
Los laboratorios de Metso Minerals han realizado ensayos con miles de muestras de roca. Las tablas a continuación presentan las estadísticas de los resultados de diferentes ensayos, proporcionando una línea de base para la evaluación de rocas.

**Ensayos en los laboratorios de Metso Minerals**

Métodos de ensayo	Laboratorio/ planta de ensayo								Finalidad								Generalidades						
	Tampere (Finlandia)	Macon (Francia)	Milwaukee (MTCR) (EE.UU.)	Sorocaba (Brasil)	Matamata (Nueva Zelanda)	Cork (Div. Proceso de Minerals (EE.UU.))	India (Ahmedabad)	Planificación del proceso de trituración	Planificación del proceso de molienda	Selección de trituradora	Selección de molino	Selección de criba	Selección de mallas de cribado	Capacidad	Granulometría del producto	Forma del producto	Consumo de energía	Vida útil de piezas de desgaste	Aceptación por parte del consumidor del producto final	Tamaño de la muestra (kg)	Tiempo de ensayo (h)	Reproducibilidad (0...5; 0= baja, 5=alta)	Bondad del ensayo (0...5)
Densidad sólida	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						X	1	1	5	5
Densidad aparente	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X						X	2	1	4	4
Humedad	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	1	1	4	4	
Índice de trabajo triturabilidad Bond	X	X	X		X	X			X				X			X			20	4	1	1	
Índice de trabajo Molino de bola Bond			X	X	X	X		X	X										20				
Índice de trabajo Molino de barras Bond			X	X		X		X	X										20				
Índice de trabajo Lokomo	X							X				X				X			20	1	1		
Triturabilidad (norma francesa de triturabilidad)	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		2	1	4	4	
Abrasividad (norma francesa de abrasividad)	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X					X	X	2	1	4	4	
Indice de abrasión (Bond)	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X					X	X	2	2	4	4	
Valor Los Angeles	X	x		X			X	X				X	X	X	X	X	X		20	2	2	3	
Resistencia a la compresión no confinada			x				(X)		X								X	X					
Indice Shatter	X							X	X				X	X	X	X	X	X	3				
Fragmentación dinámica		X	X					X	X				X	X	X	X	X		2	1	4	4	
Mandíbula de laboratorio (triturabilidad)				X	X															2	3	2	
Cono de laboratorio	X	X						X	X				X	X	X	X	X						
Análisis del tamaño de partículas	X	X	X	X	X	X	X				X	X						X	2	4	4		
Forma de las partículas	X	X	X	X	X	X	X				X	X						X	1	4	4		
Equivalente de arena		X																X	1	2	3	3	
Contenido de huecos	X	X		X														X	3	2	4	4	
Flujo de arena (Nueva Zelanda)	X	X		X											X			X	3	2	4	4	
Flujo de arena (EN)		X													X			X	1	1	4	4	
Disolución ácida		X							X									X	1	1	4	4	
Prueba piloto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Prueba de capacidad de cribado			X																				
	= pruebas estándar																						

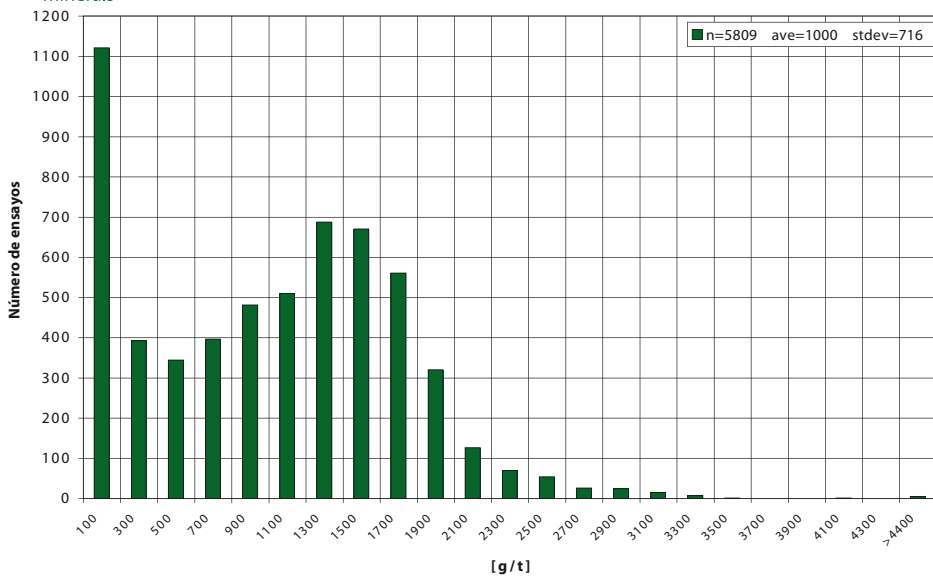
## Densidad sólida

KoV 15.2.2008



## Abrasividad

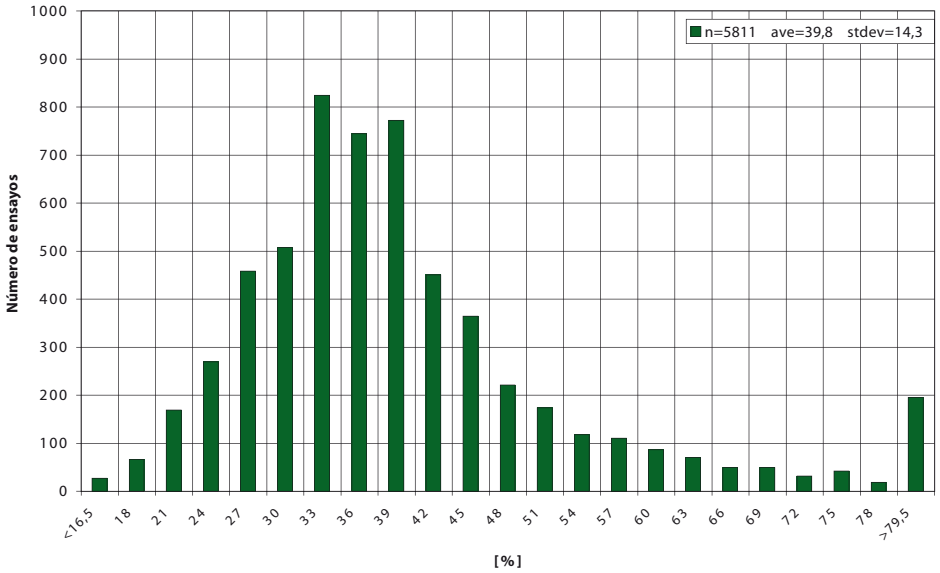
KoV 15.2.2008





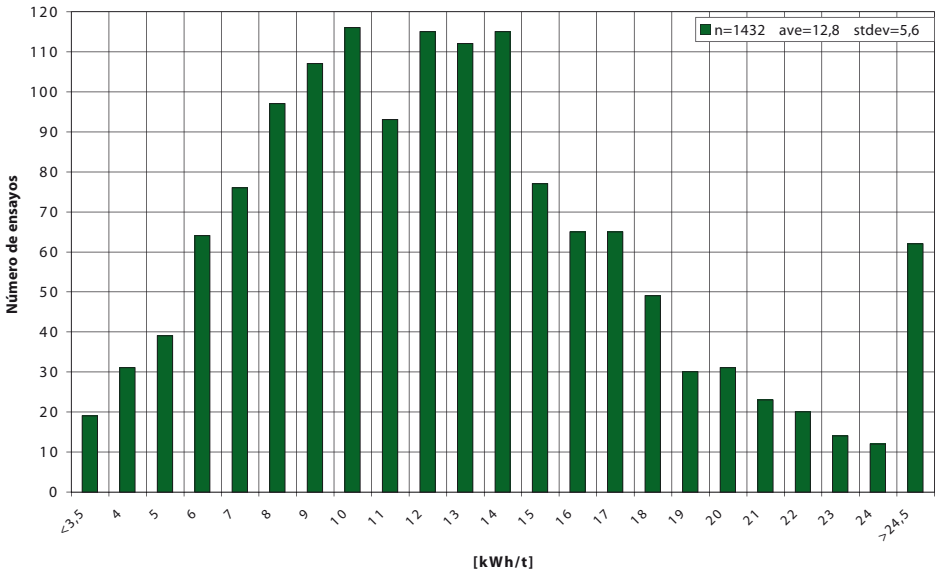
## Triturabilidad

KoV 15.2.2008



## Indice de trabajo Bond

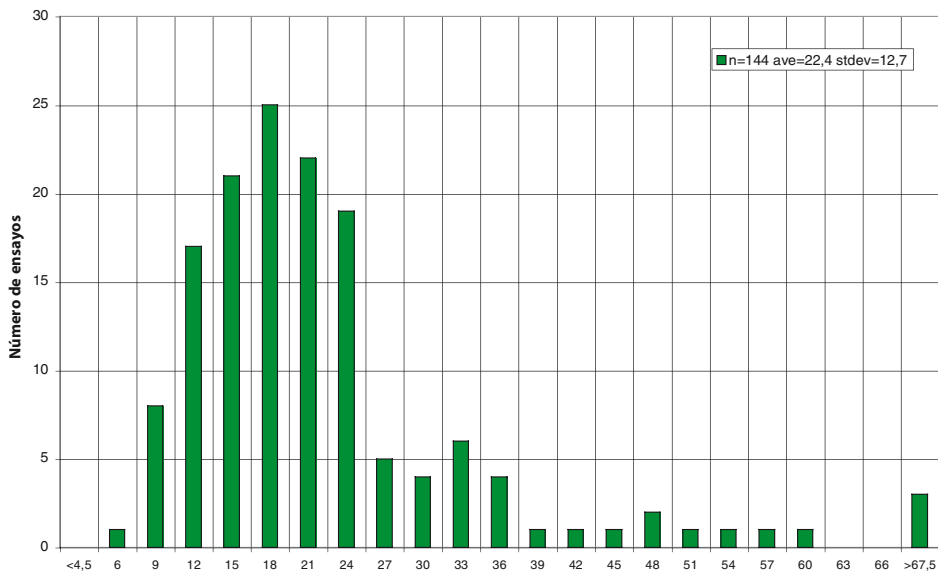
KoV 15.2.2008





## Valor Los Angeles

KoV 22.2.2006

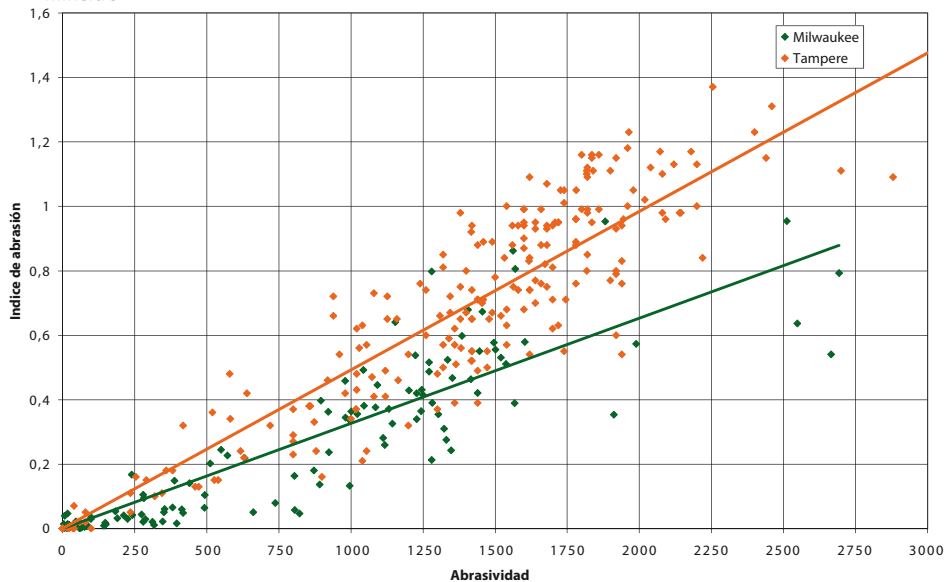


## 2.10 Correlaciones



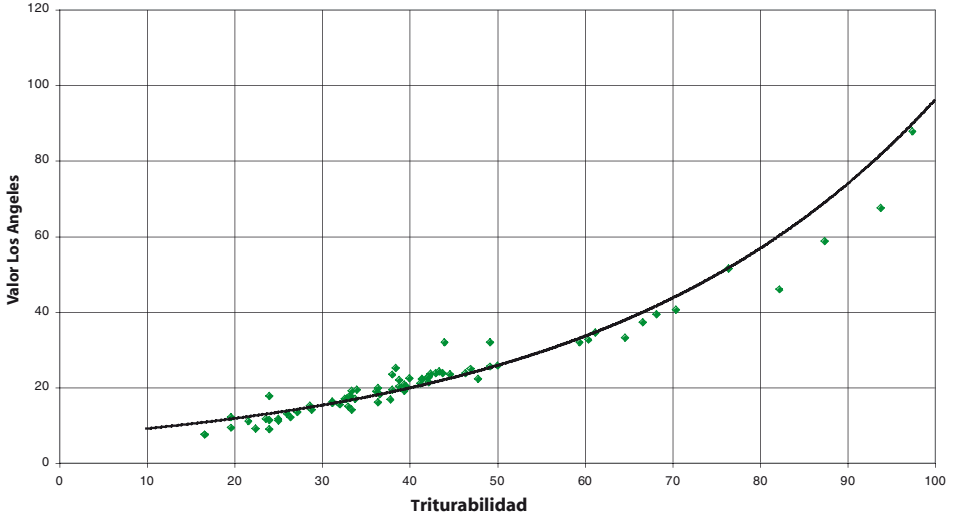
## Correlación entre abrasividad e índice de abrasión

KoV 15.2.2008



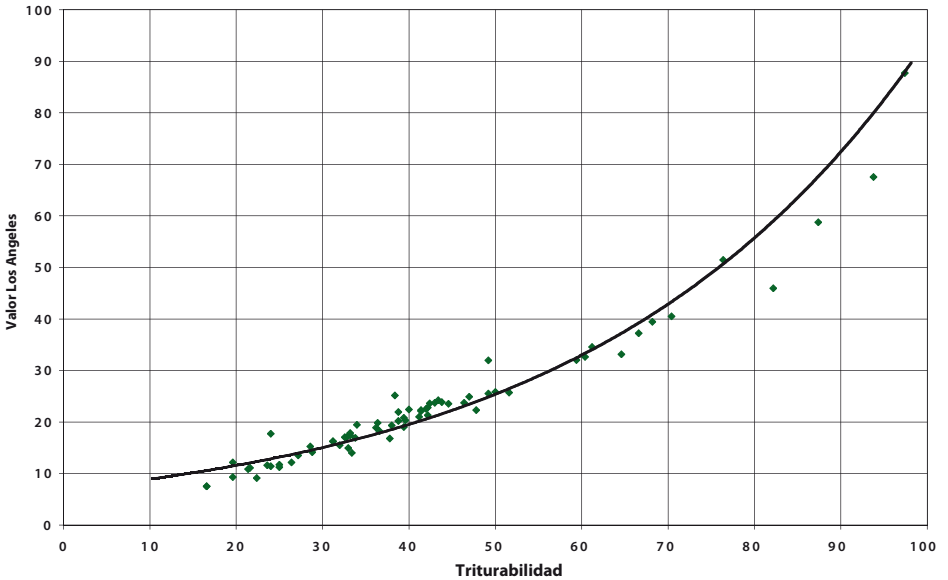


Correlación entre triturbabilidad y valor Los Angeles



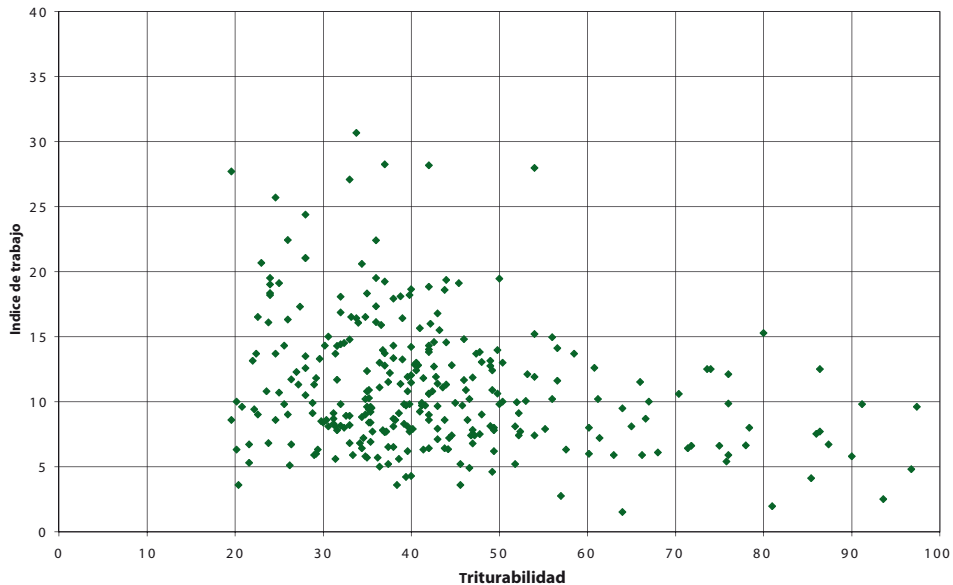
Correlación entre triturbabilidad y valor Los Angeles

KoV 15.2.2008



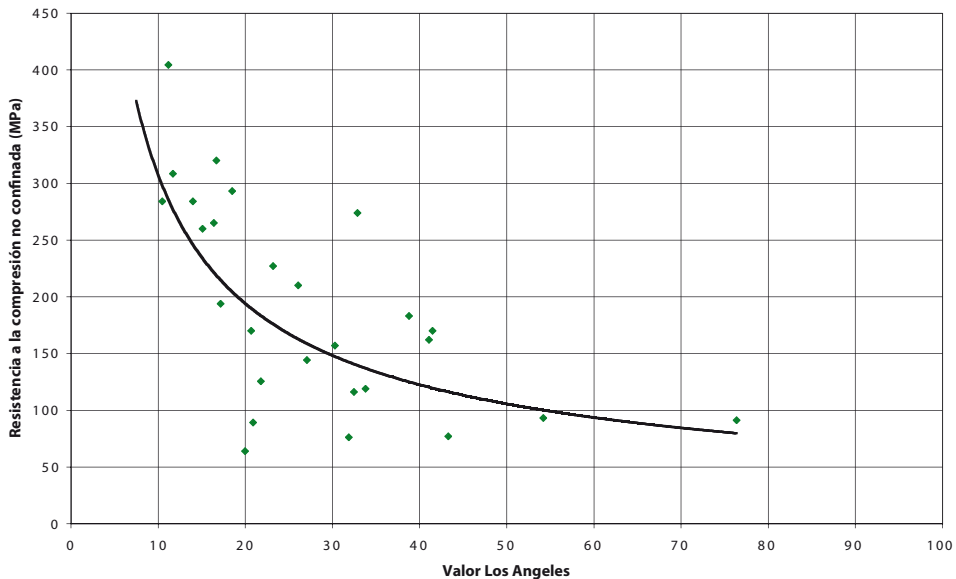
### Correlación entre triturbilidad e índice de trabajo

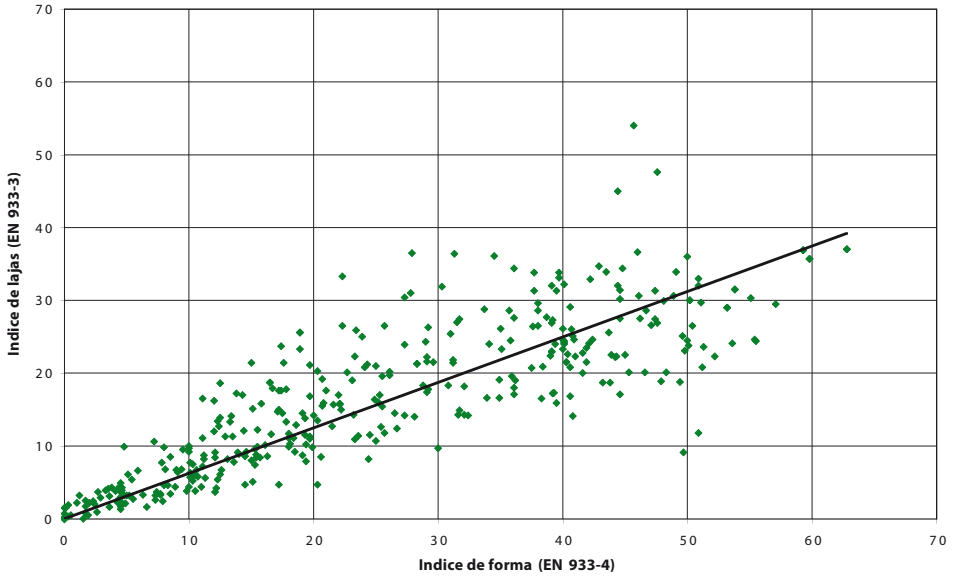
KoV 15.2.2008



### Correlación entre valor Los Angeles y resistencia a la compresión

KoV 15.2.2008





La correlación entre Abrasividad e Índice de abrasión es satisfactoria y la regla general es que  $Abr = 2000 * Aí$ .

La correlación entre Triturabilidad y el Valor Los Angeles es muy buena, pero el Índice de trabajo parece medir otra propiedad que la Triturabilidad.

### Clasificación de triturabilidad

**Indice de trabajo Bond [kWh/t]**

muy fácil	0 - 7
fácil	7 - 10
media	10 - 14
difícil	14 - 18
muy difícil	18 -

**Triturabilidad**

muy fácil	50 -
fácil	40 - 50
media	30 - 40
difícil	20 - 30
muy difícil	- 20

**Valor Los Angeles**

muy fácil	27 -
fácil	22 - 27
media	17 - 22
difícil	12 - 17
muy difícil	- 12

**Ai- producto 8mm**

muy fácil	60 -
fácil	45 - 60
media	30 - 45
difícil	15 - 30
muy difícil	- 15

**Indice de Shatter**

muy fácil	40 -
fácil	35 - 40
media	30 - 35
difícil	25 - 30
muy difícil	- 25

### Clasificación de abrasividad

**Abrasividad francesa [g/t]**

no abrasiva	0 - 100
ligeramente abrasiva	100 - 600
medio abrasiva	600 - 1200
abrasiva	1200 - 1700
muy abrasiva	1700 -

**Indice de abrasión**

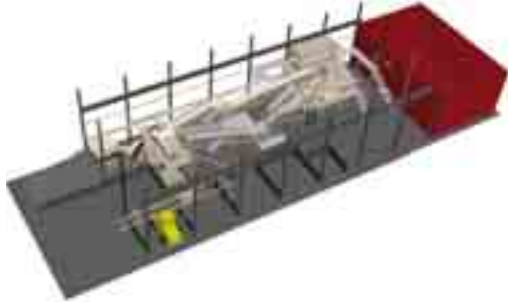
no abrasiva	- 0,1
ligeramente abrasiva	0,1 - 0,4
medio abrasiva	0,4 - 0,6
abrasiva	0,6 - 0,8
muy abrasiva	0,8 -

## Investigación y desarrollo de Metso Minerals

Metso Minerals tiene varias plantas de pruebas a escala natural, con potencia de hasta 500 kW, en varias localizaciones. Estas plantas de pruebas sirven para el desarrollo de productos y para la realización de pruebas piloto a escala natural. Además, cuenta con laboratorios de roca en el mundo entero. En las pruebas se usan los más modernos métodos, tales como el análisis de imagen para las distribuciones granulométricas y los métodos tipo Taguchi para pruebas estadísticamente fiables. Se usan equipos modernos de medición y recopilación de datos de forma continua.

### Soporte y servicios de investigación típicos.

- Desarrollo de herramientas para simulación de procesos y cálculos de cavidad
- Consulta y optimización de procesos
- Pruebas de roca
- Pruebas piloto a escala natural con máquinas dedicadas
- Cinemática de las trituradoras y análisis de la cavidad
- Pruebas de prototipos en planta y campo
- Medición de esfuerzos
- Apoyo a adiestramiento
- Publicaciones, tales como este manual



## Trituración y cribado – Terminología

### Terminología de trituración

#### Alimentación plena:

Un tipo de alimentación a la trituradora que mantiene la cavidad de trituración llena de material.

#### Punto de atascamiento:

El punto en la cavidad de la trituradora donde el volumen de material a triturar es menor. Determina la capacidad de la trituradora.

#### Circuito cerrado:

Una característica del proceso de trituración, en el que parte del material producido por la trituradora retorna a la misma trituradora para re trituración.

#### Cabeza del cono:

Una pieza cónica que soporta el forro.

#### Cóncavo:

La parte exterior de las herramientas usadas para triturar.

#### Velocidad crítica:

La velocidad es crítica cuando la velocidad de oscilación de la cabeza del cono es igual que la velocidad de caída del material triturado.

#### Cavidad de trituración:

El espacio entre el forro y el cóncavo donde la acción de trituración ocurre.

#### Tasa de trituración:

La relación entre el tamaño de la alimentación y el producto resultante. Se mide normalmente en el punto 80 %; Tasa de trituración = Alimentación / 80 Producto 80, describiendo el trabajo realizado respecto a la reducción de la alimentación a producto final.

#### RLC:

Reglaje del lado cerrado – la distancia mínima entre el forro y el cóncavo en el lado de descarga de la cavidad.

#### Cubicidad:

Describe la forma de la roca. Hay varias normas disponibles. En este manual se usa la norma DIN.

#### Índice de lajas:

Describe la forma de la roca, muy similar a la cubicidad.

#### Trituración entre partículas:

Además del efecto de las herramientas de trituración, la trituración también es lograda mediante el choque entre partículas.

#### Forro / Manto:

El forro hace parte de las herramientas usadas

para trituración. Va montado en la cabeza del cono.

#### Angulo de cogida:

El ángulo entre el forro y el cóncavo cuando la roca es cogida, o agarrada, entre ellos.

#### RLA:

Reglaje del lado abierto, la distancia máxima entre el forro y el cóncavo en el lado de descarga de la cavidad.

#### Compactación:

Ocurre cuando la roca es comprimida hasta que su densidad aumenta hasta el punto de solidez.

#### Tasa de reducción:

Véase tasa de trituración.

#### Alimentación segregada:

Alimentación a la trituradora de manera que las partículas finas y las gruesas son conducidas a lados distintos de la cavidad de trituración.

#### Excentricidad:

Diferencia entre RLA y RLC.

### Terminología de cribado

#### Fracción gruesa:

Partículas que pasan por encima del piso de la criba.

#### Fracción fina:

Partículas que atraviesan el piso de la criba.

#### Tamaño de separación:

Tamaño dividido: Tamaño de partículas en el cual la alimentación es dividida en dos productos (fracción gruesa y fracción fina)

Sobredimensionado: Material mayor que el tamaño de abertura de la malla.

Subdimensionado: Material menor que el tamaño de abertura de la malla.

Tamaño medio: Material menor que la mitad del tamaño de abertura de la malla

#### Capacidad de cribado (Q)

La cantidad de material pasante a través del piso de la criba en t/h.

#### Capacidad de alimentación

La cantidad de material alimentado al piso de la criba en t/h.

#### Eficiencia de cribado (eficiencia de recuperación de subdimensionado)

La cantidad de material menor que el tamaño de abertura de la malla en el subdimensionado en comparación con la cantidad total de material menor que el tamaño de la malla en la alimentación.







**Metso's Construction Business line**

Lokomonkatu 3, Apartado Postal 306  
33101 Tampere  
Finlandia

Teléfono: +358 204 84 142

Fax: +358 204 84 143

**e-mail: [minerals.info.csr@metso.com](mailto:minerals.info.csr@metso.com)**

**[www.metsominerals.com](http://www.metsominerals.com)**



Sumitomo Drive Technologies  
*Always on the Move*

# HSM

---

Shaft Mounted Speed Reducer  
and CEMA Screw Conveyor Drive  
featuring Keyless Taper-Grip® Bushing



CATALOG 15.001.50.006

**Keyless Taper-Grip® Bushing**  
Supplied as standard in popular AGMA bore sizes and in metric. Optional keyed hollow bore is also available.

# HSM

Shaft Mounted Speed Reducer  
and CEMA Screw Conveyor Drive

**Breather Plug**  
With integral sealing washer and built-in non-return valve.

**Tapered Roller Bearings**  
Supplied as standard.

**Gears**  
Helical, involute form, alloy steels, gas carburized and hardened, shaved and honed (profile ground on selected sizes) insuring low noise emission. The hunting tooth principle adopted to insure maximum working life.

**Shafts**  
Machined from alloy steels and precision ground on journals, gear seatings and extensions. Tolerances and keyways conform to international standards.

**Additional Case Lugs**  
Eliminate the need for critical tightening of torque arm bolts. Control position of standard torque arm mounting to within recommended limits.

**Rubberized End Caps**  
Self-sealing intermediate cover plates, to standard ISO housing dimensions.

**Drain Plugs**  
With integral sealing washer.

**Backstops (anti-run back device)**  
Available on all units as an add-on option.



[www.sumitomodrive.com](http://www.sumitomodrive.com)

# HSM

## Shaft Mounted Speed Reducer and CEMA Screw Conveyor Drive

Featuring Keyless Taper-Grip® Bushing

### Table of Contents

---



<b>General Information</b> .....	2
<b>Accessories</b> .....	4
<b>Selection and Specifications</b>	
How to Select.....	6
AGMA Classification Tables.....	8
Speed Reducer Size Selection Tables.....	12
Class I.....	12
Class II.....	14
Class III.....	16
Power Ratings.....	18
CEMA Screw Conveyor Drives.....	20
Sheave Diameters.....	22
<b>Dimensions</b>	
Sizes 107–307.....	24
Sizes 315–608.....	26
Motor Mounts.....	28
Extended Motor Mounts.....	29
Belt Guards.....	30
Extended Belt Guards.....	31
Installation.....	32
Lubrication.....	33

# HSM Shaft Mounted Speed Reducer and CEMA Screw Conveyor Drive

Featuring Keyless Taper-Grip® Bushing

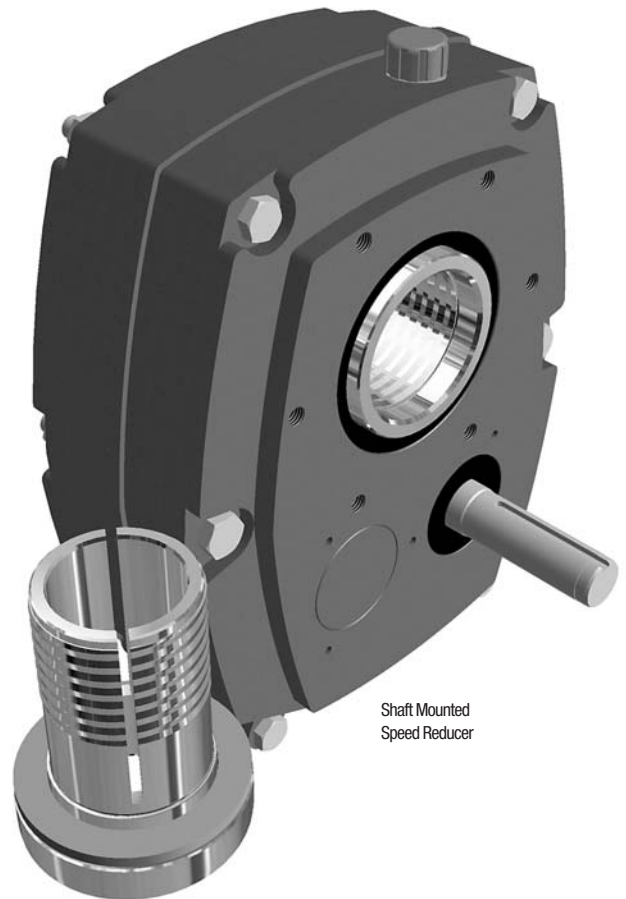
The Sumitomo **Helical Shaft Mount (HSM)** Speed Reducer provides a convenient installation and removal method for speed reduction by mounting directly on the drive shaft. Sumitomo's Taper-Grip® bushing provides simple keyless mounting and easy removal. HSM is readily adaptable for CEMA screw conveyor and shaft mount options. The HSM features carburized gear teeth with optimal gear geometry and wide gear faces, allowing maximum loading and highest efficiency torque output, for higher rating capacity in the most compact design.

## Features & Benefits

- Higher ratings with a 25° pressure angle and wider gear tooth face for maximum torque
- Keyless shaft connection with Taper-Grip® bushing for easy installation and removal, simple replacement
- Heavy duty roller bearings for maximum strength and extended life
- AGMA standard bore sizes in both bushed and through-bore simplify specification and retrofit
- CEMA standard screw conveyor options
- Optional Taconite sealing systems for effective protection in severe applications and extended operation
- Drop in replacement for all AGMA-style units
- Flexible motor mounting capabilities
- Backstops with centrifugal lift-off sprags to maximize reliability

## Specifications

<b>Ratios:</b>	5:1, 14:1, 20:1, 25:1
<b>HP:</b>	1/4 to 300
<b>Sizes:</b>	AGMA 107 to 608
<b>Bore Sizes:</b>	1 3/16" to 6 1/2", metric optional
<b>Mounts:</b>	Vertical, Horizontal, and Direct drive mounting configurations
<b>Lubrication:</b>	Oil lubrication, synthetic lubricant optional
<b>Housing:</b>	Cast iron case construction
<b>Screw Conveyor:</b>	CEMA Standards



## Applications

Perfect for screw conveyors, belt conveyor bulk handling machinery and process equipment for:

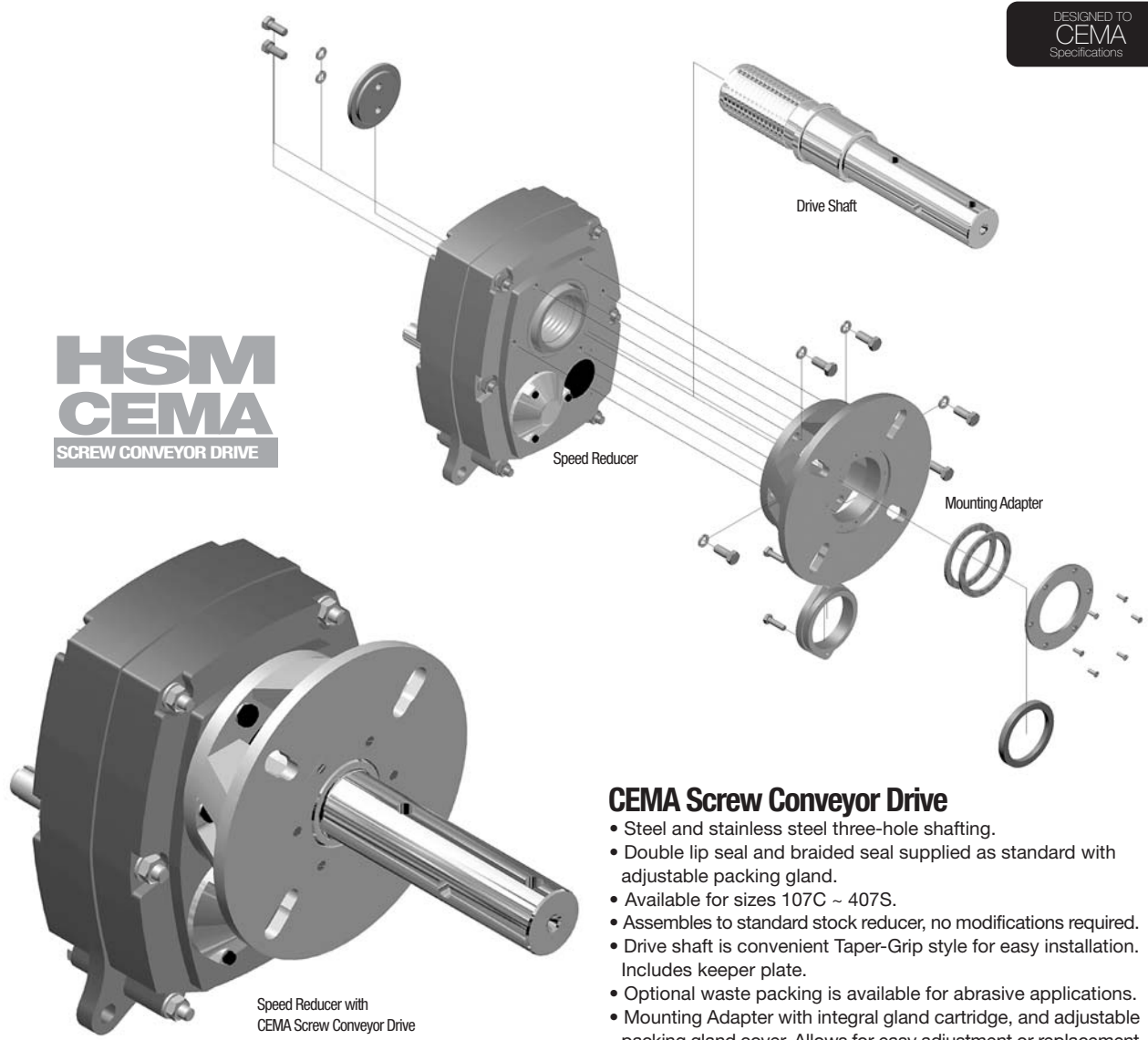
- Baggage Handling
- Pulp, Paper, & Forestry
- Aggregate & Mining
- Mixers & Process Equipment
- Grain & Agriculture



# HSM CEMA

SCREW CONVEYOR DRIVE

DESIGNED TO  
CEMA  
Specifications



## CEMA Screw Conveyor Drive

- Steel and stainless steel three-hole shafting.
- Double lip seal and braided seal supplied as standard with adjustable packing gland.
- Available for sizes 107C ~ 407S.
- Assembles to standard stock reducer, no modifications required.
- Drive shaft is convenient Taper-Grip style for easy installation. Includes keeper plate.
- Optional waste packing is available for abrasive applications.
- Mounting Adapter with integral gland cartridge, and adjustable packing gland cover. Allows for easy adjustment or replacement without removing trough end or gearbox.

See page 20 to specify CEMA Screw Conveyor Drives

## Taper-Grip® Bushing

The HSM Shaft Mounted Speed Reducer is secured to the driven shaft by means of a Taper-Grip® bushing that transmits the torque and shock overload capacity of the selected reducer.

### Features

- Requires no key or keyway.
- Resistant to fretting.
- Easy to assemble and position the HSM on the driven shaft.
- Usable from either side of the gearbox as standard.
- Allows the driven shaft diameter tolerances to be a clearance fit.
- Easy to remove the HSM from the driven shaft.
- Both inch and metric shaft bores available.
- Fits a wide selection of shaft diameters.
- May be used with existing keyed shafts.
- Superior shaft gripping capability provided by a series of short tapers in the form of a continuous helix.

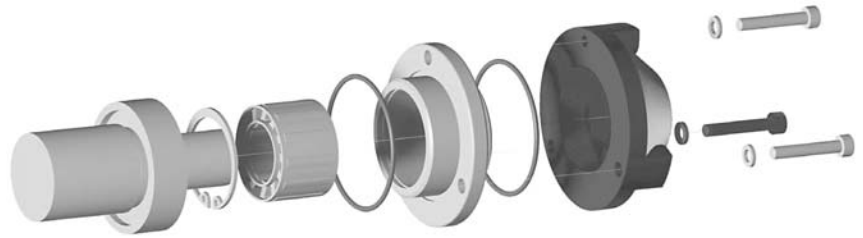


# Accessories

Simple, Reliable, Modular Accessory Kits Provide Maximum Inventory Flexibility

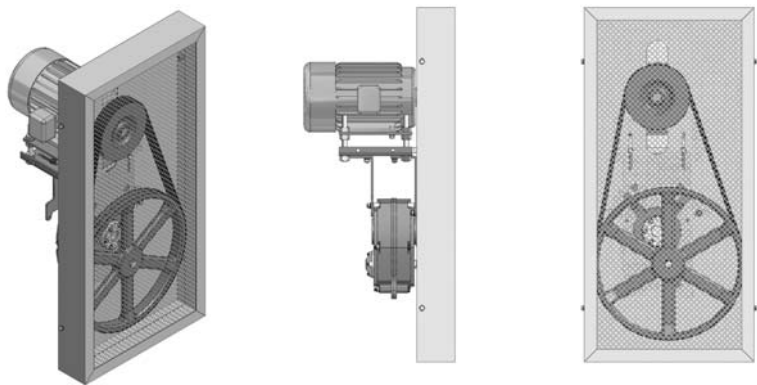
## Backstops

- New centrifugal design maximizes reliability, minimizes wear and extends life.
- Simple field installation insures correct direction of operation.
- Internal mounting minimizes maintenance, insures continual flow of fresh lubrication.
- Easily reversed for operation in either direction.



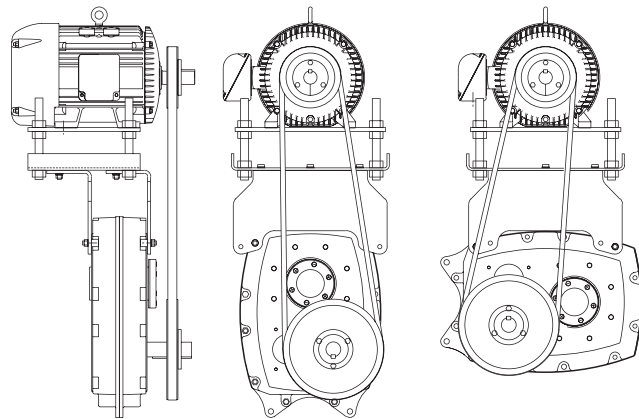
## Belt Guards

- Minimum number of parts allow for quick installation.
- Constructed with expanded metal grill.
- Painted safety yellow.
- Assembles using existing reducer and top mount holes.
- Sized to fit a wide range of sheave diameters.
- Includes mounting hardware.



## Motor Mounts

- Wrap-around, wide base design provides added stability.
- Rugged all steel construction and four bolt mounting provide maximum rigidity.
- Accommodates both shaft mounted and screw conveyor drive requirements.
- Pre-drilled top plates facilitate using a wide variety of NEMA motors.
- Faster, more economical and more reliable than remote motor mounting.



## Direct Drive

- Direct mount NEMA or IEC C-face motors.
- Allows for compact geared motor design.
- Eliminates need for belts, pulleys and guards.



## Severe Duty Sealing System

- Outdoor service, washdown duty and taconite type systems available.
- Extends reducer life by providing additional barriers to contaminants.
- Targeted to specific application requirements.
- Includes both seals and breather elements.



# HSM

## Selection & Specifications

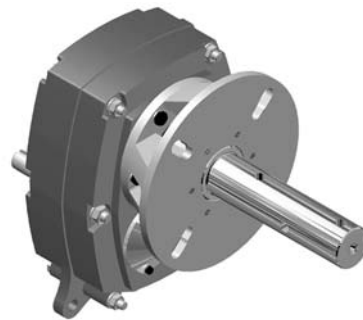
---

### Shaft Mounted Speed Reducers

Class I page 12

Class II page 14

Class III page 16



**CEMA**  
**Screw Conveyor Drives**  
Page 20



# How to Select

## How to select an HSM Speed Reducer



### Step 1: Collect data about your application

Before starting you need to know the:

- **Application** (e.g. Conveyor, Mixer, etc.)
- **Hours of Operation per day**
- **Motor Horsepower (HP)**
- **Desired Output Speed**

### Step 2: Find the Load Classification of your application

Use the **AGMA Load Classification Tables** on page 8, based on the application and number of working hours per day.

### Step 3: Select an HSM Speed Reducer Unit Size

Refer to the **Speed Reducer Selection Tables** for your Classification (I, II or III). Select the **Unit Size** based on the application's Motor Horsepower (HP) and Output Speed (RPM). Determine the **Unit Size** and the **Nominal Ratio**.

**Note:** The selection table ratings are based on a starting load or momentary overload of:

- 2 times for Class I
- 2-3 times for Class II
- 4 times for Class III

If the application peak loads will exceed these values, select a Speed Reducer from the next higher class of service, or consult Sumitomo for exact Power Ratings data.

### Step 4: Select a Bushing

Use the tables on the right to configure a Bushing model number.

## How to select an CEMA Screw Conveyor Drive (Optional)



To select a **Screw Conveyor Drive Shaft Assembly** and **Mounting Adapter**, you will need to know the **Unit Size** (from Step 3 above) and the **Screw Diameter** for your application.

Refer to the **Screw Conveyor Selection Table** (page 20) to make this selection, and to determine the Shaft Diameter (for installation purposes).

## F Belt Drive (from third-party vendor)

Use this selection data to specify a Belt Drive from a belt drive vendor

### Step 1: Calculate the Input Shaft Speed

Multiply the **Output Speed** by the **Exact Ratio** (from page 25 or 27, based on Speed Reducer Size)

$$\text{Output Speed} \times \text{Exact Ratio} = \text{Input Shaft Speed} \quad \text{Example: } 48 \times 23.235 = 1211 \text{ RPM}$$

### Step 2: Calculate the Belt Drive Ratio

Divide the **Motor Speed** by the **Input Shaft Speed**.

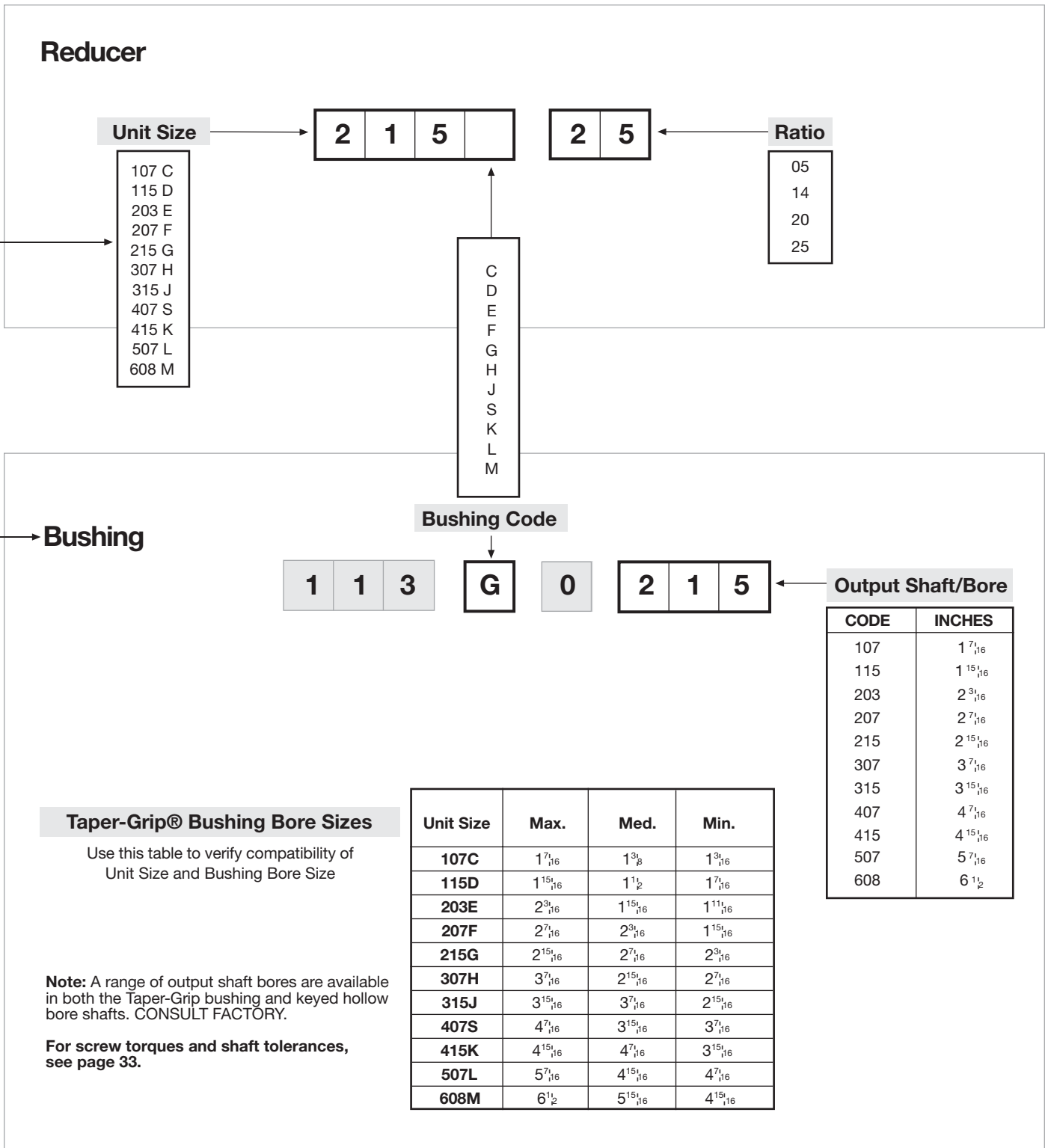
$$\text{Motor Speed} / \text{Input Shaft Speed} = \text{Belt Drive Ratio} \quad \text{Example: } 1750 / 1211 = 1.45:1$$

### Step 3: Determine the Minimum Input Shaft Sheave Diameter

Refer to the **Sheave Diameter Table** on page 22. Based on the **HSM Speed Reducer Unit Size** selected, and the Output Speed RPM.

# How to Select

## Nomenclature



# AGMA Load Classification Tables

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>AGITATORS (Mixers)</b>			
Pure Liquids	I	I	II
Liquids and Solids	I	II	II
Liquids – Variable Density	I	II	II
<b>BLOWERS</b>			
Centrifugal	I	I	II
Lobe	I	II	II
Vane	I	II	II
<b>BREWING AND DISTILLING</b>			
Bottling Machinery	I	I	II
Brew Kettles – Continuous Duty	II	II	II
Cookers – Continuous Duty	II	II	II
Mash Tubs – Continuous Duty	II	II	II
Scale Hopper – Frequent Starts	II	II	II
<b>CAN FILLING MACHINES</b>	I	I	II
<b>CAR DUMPERS</b>	I	III	III
<b>CAR PULLERS</b>	I	II	II
<b>CLARIFIERS</b>	I	I	II
<b>CLASSIFIERS</b>	I	II	II
<b>CLAY WORKING MACHINERY</b>			
Brick Press	II	III	III
Briquette Machine	II	III	III
Pug Mill	I	II	II
<b>COMPACTORS</b>	III	III	III
<b>COMPRESSORS</b>			
Centrifugal	I	I	II
Lobe	I	II	II
Reciprocating, Multi-Cylinder	II	II	III
Reciprocating, Single-Cylinder	III	III	III
<b>CONVEYORS –</b>			
<b>GENERAL PURPOSE</b>			
Includes Apron, Assembly, Belt, Bucket, Chain, Flight, Oven and Screw			
Uniformly Loaded or Fed	I	I	II
Heavy Duty – Not Uniformly Fed	I	II	II
Severe Duty – Reciprocating or Shaker	II	III	III
<b>CRANES <sup>[1]</sup></b>			
Dry Dock			
Main Hoist	2.50	2.50	2.50
Auxiliary Hoist	2.50	2.50	3.00
Boom Hoist	2.50	2.50	3.00
Slewing Drive	2.50	2.50	3.00
Traction Drive	3.00	3.00	3.00
<b>Container</b>			
Main Hoist	3.00	3.00	3.00
Boom Hoist	2.00	2.00	2.00
Trolley Drive			
Gantry Drive	3.00	3.00	3.00
Traction Drive	2.00	2.00	2.00
<b>Mill Duty</b>			
Main Hoist	3.50	3.50	3.50
Auxiliary	3.50	3.50	3.50
Bridge	2.50	3.00	3.00
Trolley Travel	2.50	3.00	3.00
<b>Industrial Duty</b>			
Main	2.50	2.50	3.00
Auxiliary	2.50	2.50	3.00
Bridge	2.50	3.00	3.00
Trolley Travel	2.50	3.00	3.00

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>CRUSHER</b>			
Stone or Ore	III	III	III
<b>DREDGES</b>			
Cable Reels	II	II	II
Conveyors	II	II	II
Cutter Head Drives	III	III	III
Pumps	III	III	III
Screen Drives	III	III	III
Stackers	II	II	II
Winches	II	II	II
<b>ELEVATORS</b>			
Bucket	I	II	II
Centrifugal Discharge	I	I	II
Escalators	I	I	II
Freight	I	II	II
Gravity Discharge	I	I	II
<b>EXTRUDERS</b>			
<b>General</b>	II	II	II
<b>Plastics</b>			
Variable Speed Drive	III	III	III
Fixed Speed Drive	III	III	III
<b>Rubber</b>			
Continuous Screw Operation	III	III	III
Intermittent Screw Operation	III	III	III
<b>FANS</b>			
Centrifugal	I	I	II
Cooling Towers	III	III	III
Forced Draft	II	II	II
Induced Draft	II	II	II
Industrial & Mine	II	II	II
<b>FEEDERS</b>			
Apron	I	II	II
Belt	I	II	II
Disc	I	I	II
Reciprocating	II	III	III
Screw	I	II	II
<b>FOOD INDUSTRY</b>			
Cereal Cooker	I	I	II
Dough Mixer	II	II	II
Meat Grinders	II	II	II
Slicers	I	II	II
<b>GENERATORS AND EXCITERS</b>	II	II	II
<b>HAMMER MILLS</b>	III	III	III
<b>HOISTS</b>			
Heavy	III	III	III
Medium Duty	II	II	II
Skip Hoist	II	II	II
<b>LAUNDRY TUMBLERS</b>	II	II	II
<b>LAUNDRY WASHERS</b>	II	II	III

**Note:** [1] Because crane drive selections may require a service factor greater than 2.0, Class Numbers are not applicable. Crane drives are to be selected based upon the gear tooth bending strength using the numeric service factor shown in the table. In all cases, the pitting resistance service factor shall be a minimum of 1.0.

# AGMA Load Classification Tables

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>LUMBER INDUSTRY</b>			
<b>Barkers</b>			
Spindle Feed	II	II	II
Main Drive	III	III	III
<b>Conveyors</b>			
Burner	II	II	II
Main or Heavy Duty	II	II	II
Main Log	III	III	III
Re-saw, Merry-Go-Round	II	II	II
Slab	III	III	III
Transfer	II	II	II
<b>Chains</b>			
Floor	II	II	II
Green	II	II	III
<b>Cut-Off Saws</b>			
Chain	II	II	III
Drag	II	II	III
<b>Debarking Drums</b>			
Feeds	III	III	III
Edger	II	II	II
Gang	III	III	III
Trimmer	II	II	II
Log Deck	III	III	III
Log Hauls – Incline – Well Type	III	III	III
Log Turning Devices	III	III	III
Planer Feed	II	II	II
Planer Tilting Hoists	II	II	II
Rolls – Live-off brg. – Roll Cases	III	III	III
Sorting Table	II	II	II
Tipple Hoist	II	II	II
<b>Transfers</b>			
Chain	II	II	III
Craneway	II	II	III
Tray Drives	II	II	II
Veneer Lathe Drives	II	II	II
<b>METAL MILLS</b>			
<b>Draw Bench Carriage and Main Drive</b>			
	II	II	II
<b>Runout Table</b>			
Non-reversing			
Group Drives	II	II	II
Individual Drives	III	III	III
Reversing	III	III	III
Slab Pushers	II	II	II
Shears	III	III	III
Wire Drawing	II	II	II
Wire Winding Machine	II	II	II
<b>METAL STRIP PROCESSING MACHINERY</b>			
Bridles	II	II	II
Coilers & Uncoilers	I	I	II
Edge Trimmers	I	II	II
Flatteners	II	II	II
Loopers (Accumulators)	I	I	I
Pinch Rolls	II	II	II
Scrap Choppers	II	II	II
Shears	III	III	III
Slitters	I	II	II

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>MILLS, ROTARY TYPE</b>			
Ball & Rod			
Spur Ring Gear	III	III	III
Helical Ring Gear	II	II	II
Direct Connected	III	III	III
Cement Kilns	II	II	II
Dryers & Coolers	II	II	II
<b>MIXERS, CEMENT</b>			
	II	II	II
<b>PAPER MILLS <sup>[1]</sup></b>			
Agitator (Mixer)	II	II	II
Agitator for Pure Liquors	II	II	II
Barking Drums	III	III	III
Barkers – Mechanical	III	III	III
Beater	II	II	II
Breaker Stack	II	II	II
Calender <sup>[1]</sup>	II	II	II
Chipper	III	III	III
Chip Feeder	II	II	II
Coating Rolls	II	II	II
<b>Conveyors</b>			
Chip, Bark, Chemical	II	II	II
Log (including Slab)	III	III	III
Couch Rolls	II	II	II
Cutter	III	III	III
Cylinder Molds	II	II	II
<b>Dryers <sup>[1]</sup></b>			
Paper Machine	II	II	II
Conveyor Type	II	II	II
Embosses	II	II	II
Extruder	II	II	II
<b>Fourdrinier Rolls</b>			
(Includes Lump breaker, dandy roll, wire turning, and return rolls)	II	II	II
Jordan	II	II	II
Kiln Drive	II	II	II
Mt. Hope Roll	II	II	II
Paper Rolls	II	II	II
Platter	II	II	II
Presses – Felt & Suction	II	II	II
Pulper	III	III	III
Pumps – Vacuum	II	II	II
Reel (Surface Type)	II	II	II
<b>Screens</b>			
Chip	II	II	II
Rotary	II	II	II
Vibrating	III	III	III
Size Press	II	II	II
Supercalender <sup>[2]</sup>	II	II	II
Thickener (AC Motor)	II	II	II
(DC Motor)	II	II	II
Washer (AC Motor)	II	II	II
(DC Motor)	II	II	II
Wind and Unwind Stand	I	I	I
Winders (Surface Type)	II	II	II
Yankee Dryers <sup>[1]</sup>	II	II	II

Notes: [1] Anti-Friction Bearings only.

[2] A Class Number of I may be applied at base speed of a supercalender operating over a speed range of part-range constant horsepower and part-range constant torque where the constant horsepower speed range is greater than 1.5 to 1. A Class Number of II is applicable to supercalenders operating over the entire speed range at constant torque or where the constant horsepower speed range is less than 1.5 to 1.

# AGMA Load Classification Tables

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>PLASTIC INDUSTRY – PRIMARY PROCESSING</b>			
Intensive Internal Mixers			
Batch Mixers	III	III	III
Continuous Mixers	II	II	II
Batch Drop Mill – 2 smooth rolls	II	II	II
Continuous Feed, Holding & Blend Mill	II	II	II
Calenders	II	II	II
<b>PLASTIC INDUSTRY – SECOND PROCESSING</b>			
Blow Molders	II	II	II
Coating	II	II	II
Film	II	II	II
Pipe	II	II	II
Pre-Plasticizers	II	II	II
Rods	II	II	II
Sheet	II	II	II
Tubing	II	II	II
<b>PULLERS – BARGE HAUL</b>	II	II	II
<b>PUMPS</b>			
Centrifugal	I	I	II
Proportioning	II	II	II
Reciprocating			
Single Acting, 3 or more cylinders	II	II	II
Double Acting, 2 or more cylinders	II	II	II
Rotary			
Gear Type	I	I	II
Lobe	I	I	II
Vane	I	I	II
<b>RUBBER INDUSTRY</b>			
Intensive Internal Mixers			
Batch Mixers	III	III	III
Continuous Mixers	II	II	II
Mixing Mill			
2 smooth rolls	II	II	II
1 or 2 corrugated rolls	III	III	III
Batch Drop Mill – 2 smooth rolls	II	II	II
Cracker Warmer –			
2 roll; 1 corrugated roll	III	III	III
Cracker – 2 corrugated rolls	III	III	III
Holding, Feed & Blend			
Mill – 2 rolls	II	II	II
Refiner – 2 rolls	II	II	II
Calenders	II	II	II
<b>SAND MULLER</b>	II	II	II

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>SEWAGE DISPOSAL EQUIPMENT</b>			
Bar Screens	II	II	II
Chemical Feeders	II	II	II
Dewatering Screens	II	II	II
Scum Breakers	II	II	II
Slow or Rapid Mixers	II	II	II
Sludge Collectors	II	II	II
Thickener	II	II	II
Vacuum Filters	II	II	II
<b>SCREENS</b>			
Air Washing	I	I	II
Rotary – Stone or Gravel	II	II	II
Traveling Water Intake	I	I	I
<b>SCREW CONVEYORS</b>			
Uniformly Loaded or Fed	I	I	II
Heavy Duty	I	II	II
<b>SUGAR INDUSTRY</b>			
Beet Slicer	III	III	III
Cane Knives	II	II	II
Crushers	II	II	II
Mills (low speed end)	III	III	III
<b>TEXTILE INDUSTRY</b>			
Batchers	II	II	II
Calenders	II	II	II
Cards	II	II	II
Dry Cans	II	II	II
Dyeing Machinery	II	II	II
Looms	II	II	II
Mangles	II	II	II
Nappers	II	II	II
Pads	II	II	II
Slashers	II	II	II
Soapers	II	II	II
Spinners	II	II	II
Tenter Frames	II	II	II
Washers	II	II	II
Winders	II	II	II



# CLASS I Speed Reducer Size Selection Tables

OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>
<b>1/4 HP (.18 kW) Motor</b>			<b>2 HP (1.5 kW) Motor (cont.)</b>			<b>10 HP (7.5 kW) Motor</b>		
10 - 100	107C	25	54 - 100	107C	25	10 - 15	315J	25
	107C	20		107C	20		315J	20
	107C	14		107C	14		315J	14
101 - 400	107C	5	101 - 400	107C	5	16 - 21	307H	25
<b>1/3 HP (.25 kW) Motor</b>			<b>3 HP (2.2 kW) Motor</b>				307H	20
10 - 100	107C	25	10 - 11	215G	25		307H	14
	107C	20		215G	20	22 - 37	215G	25
	107C	14		215G	14		215G	20
101 - 400	107C	5	12 - 15	207F	25		215G	14
<b>1/2 HP (.37 kW) Motor</b>				207F	20	38 - 61	207F	25
10 - 13	107C	25		207F	14		207F	20
	107C	20	16 - 24	203E	25		207F	14
	107C	14		203E	20	62 - 100	203E	25
14 - 100	107C	25		203E	14		203E	20
	107C	20	25 - 39	115D	25		203E	14
	107C	14		115D	20	101 - 109	203E	5
101 - 400	107C	5	40 - 84	115D	14	110 - 239	115D	5
<b>3/4 HP (.55 kW) Motor</b>				107C	25	240 - 400	107C	5
10 - 11	115D	25		107C	20	<b>15 HP (11 kW) Motor</b>		
	115D	20		107C	14	10 - 11	415K	25
	115D	14	85 - 100	107C	25		415K	20
12 - 19	107C	25		107C	20		415K	14
	107C	20		107C	14	12 - 14	407S	25
	107C	14	101 - 400	107C	5		407S	20
20 - 100	107C	25	<b>5 HP (3.7 kW) Motor</b>				407S	14
	107C	20	10 - 11	307H	25	15 - 21	315J	25
	107C	14		307H	20		315J	20
101 - 400	107C	5		307H	14		315J	14
<b>1 HP (.75 kW) Motor</b>			12 - 17	215G	25	22 - 32	307H	25
10 - 13	115D	25		215G	20		307H	20
	115D	20	18 - 25	215G	14		307H	14
	115D	14		207F	25	33 - 61	215G	25
14 - 25	107C	25		207F	20		215G	20
	107C	20	26 - 41	207F	14		215G	14
	107C	14		203E	25	62 - 95	207F	25
26 - 100	107C	25		203E	20		207F	20
	107C	20	42 - 79	203E	14	96 - 100	207F	14
	107C	14		115D	25		203E	25
101 - 400	107C	5		115D	20		203E	20
<b>1 1/2 HP (1.1 kW) Motor</b>				115D	14	101 - 219	203E	5
10 - 13	203E	25	80 - 100	107C	25	220 - 400	115D	5
	203E	20		107C	20	<b>20 HP (15 kW) Motor</b>		
	203E	14	101 - 400	107C	14	10 - 11	507L	25
14 - 19	115D	25		107C	5		507L	14
	115D	20	<b>7 1/2 HP (5.5 kW) Motor</b>			12 - 14	415K	25
	115D	14	10 - 11	315J	25		415K	20
20 - 39	107C	25		315J	20		415K	14
	107C	20		315J	14	15 - 18	407S	25
	107C	14	12 - 15	307H	25		407S	20
40 - 100	107C	25		307H	20		407S	14
	107C	20	16 - 27	307H	14	19 - 28	315J	25
	107C	14		215G	25		315J	20
101 - 400	107C	5		215G	20		315J	14
<b>2 HP (1.5 kW) Motor</b>			28 - 41	207F	25	29 - 42	307H	25
10 - 11	207F	25		207F	20		307H	20
	207F	20		207F	14		307H	14
	207F	14	42 - 77	203E	25	43 - 84	215G	25
12 - 17	203E	25		203E	20		215G	20
	203E	20		203E	14		215G	14
	203E	14	78 - 100	115D	25	85 - 100	207F	25
18 - 25	115D	25		115D	20		207F	20
	115D	20		115D	14		207F	14
	115D	14	101 - 149	115D	5	101 - 169	207F	5
26 - 53	107C	25	150 - 400	107C	5	170 - 329	203E	5
	107C	20				330 - 400	115D	5
	107C	14						

Note: <sup>†</sup>Consult factory for delivery on units with 20:1 ratio.

# Speed Reducer Size Selection Tables **CLASS I**

OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO†	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO†	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO†
<b>25 HP (18.5 kW) Motor</b>			<b>50 HP (37 kW) Motor (cont.)</b>			<b>100 HP (75 kW) Motor (cont.)</b>		
10 - 13	507L	25		608M	14	62 - 74	415K	25
	507L	14	16 - 25	507L	25		415K	20
14 - 17	415K	25		507L	20		415K	14
	415K	20	26 - 33	507L	14	75 - 80	415K	14
	415K	14		415K	25	81 - 100	407S	14
18 - 23	407S	25		415K	20	101 - 139	407S	5
	407S	20	34 - 51	415K	14	140 - 272	315J	5
	407S	14		407S	25	273 - 380	307H	5
24 - 37	315J	25		407S	20	381 - 400	307H	5*
	315J	20	52 - 74	407S	14	<b>125 HP (90 kW) Motor</b>		
	315J	14		315J	25	21 - 39	608M	25
38 - 85	307H	25		315J	20		608M	20
	307H	20	75 - 84	315J	14		608M	14
	307H	14		315J	14	40 - 58	507L	25
86 - 100	307H	14	85 - 100	307H	14		507L	20
101 - 129	215G	5		307H	5		507L	14
130 - 239	207F	5	101 - 162	307H	5	59 - 79	507L	14
240 - 400	203E	5	163 - 369	215G	5	80 - 100	415K	14
<b>30 HP (22 kW) Motor</b>			370 - 400	207F	5	101 - 119	415K	5
	507L	25	<b>60 HP (45 kW) Motor</b>			120 - 199	407S	5
	507L	20	10 - 17	608M	25	200 - 370	315J	5
	507L	14		608M	20	371 - 400	315J	5*
16 - 21	415K	25		608M	14	<b>150 HP (110 kW) Motor</b>		
	415K	20	18 - 31	507L	25	26 - 48	608M	25
	415K	14		507L	20		608M	20
22 - 27	407S	25		507L	14		608M	14
	407S	20	32 - 44	415K	25	49 - 58	507L	25
	407S	14		415K	20		507L	20
28 - 45	315J	25	45 - 65	415K	14		507L	14
	315J	20		407S	25	59 - 100	507L	14
	315J	14	66 - 74	407S	14	101 - 168	415K	5
46 - 76	307H	25		407S	14	169 - 269	407S	5
	307H	20	75 - 100	315J	14	270 - 295	315J	5*
	307H	14	101 - 119	315J	5	<b>200 HP Motor</b>		
77 - 85	215G	25	120 - 219	307H	5	36 - 54	608M	25
	215G	20	220 - 400	215G	5		608M	20
	215G	14	<b>75 HP (55 kW) Motor</b>				608M	14
86 - 100	215G	14	13 - 23	608M	25	55 - 68	608M	14
101 - 179	215G	5		608M	20	69 - 78	507L	14
180 - 309	207F	5		608M	14	79 - 82	507L	14*
310 - 400	203E	5	24 - 41	507L	25	170 - 250	415K	5
<b>40 HP (30 kW) Motor</b>				507L	20	251 - 257	415K	5*
10 - 11	608M	25		507L	14	258 - 280	407S	5
	608M	20	42 - 57	415K	25	281 - 320	407S	5*
	608M	14		415K	20	321 - 370	415K	5*
12 - 21	507L	25		415K	14	<b>250 HP Motor</b>		
	507L	20	58 - 78	407S	25	47 - 54	608M	25
	507L	14		407S	20		608M	20
22 - 27	415K	25		407S	14		608M	14
	415K	20	79 - 84	407S	14	55 - 78	608M	14
	415K	14	85 - 100	315J	14	79 - 95	608M	14*
28 - 39	407S	25		315J	5	239 - 250	415K	5
	407S	20		315J	5	251 - 270	415K	5*
	407S	14	310 - 400	215G	5	<b>300 HP Motor</b>		
40 - 69	315J	25	<b>100 HP (75 kW) Motor</b>			58 - 78	608M	14
	315J	20	17 - 30	608M	25	79 - 83	608M	14*
	315J	14		608M	20			
70 - 80	307H	25		608M	14			
	307H	20	31 - 61	507L	25			
	307H	14		507L	20			
81 - 100	307H	14		507L	14			
101 - 109	307H	5						
110 - 279	215G	5						
280 - 400	207F	5						
<b>50 HP (37 kW) Motor</b>								
10 - 15	608M	25						
	608M	20						

Notes: †Consult factory for delivery on units with 20:1 ratio.  
 \*Indicates that power is constrained by thermal limitations. Please consult factory for ratings with cooling fans.



# CLASS II Speed Reducer Size Selection Tables

OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>
<b>1/4 HP (.18 kW) Motor</b>			<b>3 HP (2.2 kW) Motor</b>			<b>10 HP (7.5 kW) Motor (cont.)</b>		
10 - 100	107C	25	10 - 15	215G	25	14 - 21	315J	25
	107C	20		215G	20		315J	20
	107C	14		215G	14		315J	14
101 - 400	107C	5	16 - 21	207F	25	22 - 29	307H	25
<b>1/3 HP (.25 kW) Motor</b>				207F	20		307H	20
10 - 100	107C	25		207F	14		307H	14
	107C	20	22 - 33	203E	25	30 - 57	215G	25
	107C	14		203E	20		215G	20
101 - 400	107C	5		203E	14	58 - 89	215G	14
<b>1/2 HP (.37 kW) Motor</b>			34 - 65	115D	25		207F	25
10 - 100	107C	25		115D	20		207F	20
	107C	20		115D	14	90 - 100	207F	14
	107C	14	66 - 100	107C	25		203E	25
101 - 400	107C	5		107C	20		203E	20
<b>3/4 HP (.55 kW) Motor</b>			101 - 400	107C	14	101 - 199	203E	14
10 - 13	115D	25		107C	5	200 - 369	115D	5
	115D	20	<b>5 HP (3.7 kW) Motor</b>			370 - 400	107C	5
	115D	14	10 - 11	315J	25	<b>15 HP (11 kW) Motor</b>		
14 - 100	107C	25		315J	20	10 - 11	507L	25
	107C	20		315J	14		507L	14
	107C	14	12 - 15	307H	25	12 - 15	415K	25
101 - 400	107C	5		307H	20		415K	20
<b>1 HP (.75 kW) Motor</b>				307H	14		415K	14
10 - 11	203E	25	16 - 25	215G	25	16 - 19	407S	25
	203E	20		215G	20		407S	20
	203E	14	26 - 37	215G	14		407S	14
12 - 19	115D	25		207F	25	20 - 29	407S	25
	115D	20		207F	20		315J	25
	115D	14	38 - 69	207F	14		315J	20
20 - 100	107C	25		203E	25	30 - 45	315J	14
	107C	20		203E	20		307H	25
	107C	14	70 - 100	203E	14		307H	20
101 - 400	107C	5		115D	25	46 - 85	307H	14
<b>1 1/2 HP (1.1 kW) Motor</b>				115D	20		215G	25
10 - 11	207F	25	101 - 129	115D	14		215G	20
	207F	20	140 - 400	107C	5	86 - 89	215G	14
	207F	14	<b>7 1/2 HP (5.5 kW) Motor</b>			90 - 100	215G	14
12 - 17	203E	25	10 - 11	407S	25		215G	14
	203E	20		407S	20		215G	14
	203E	14		407S	14		215G	14
18 - 27	115D	25	12 - 15	315J	25	101 - 189	207F	5
	115D	20		315J	20	190 - 349	203E	5
	115D	14		315J	14	350 - 400	115D	5
28 - 100	107C	25	16 - 21	307H	25	<b>20 HP (15 kW) Motor</b>		
	107C	20		307H	20	10 - 14	507L	25
	107C	14		307H	14		507L	20
101 - 400	107C	5	22 - 39	215G	25		507L	14
<b>2 HP (1.5 kW) Motor</b>				215G	20	15 - 19	415K	25
10 - 11	215G	25		215G	14		415K	20
	215G	20	40 - 65	207F	25		415K	14
	215G	14		207F	20	20 - 25	407S	25
12 - 15	207F	25		207F	14		407S	20
	207F	20	66 - 100	203E	25	26 - 41	407S	14
	207F	14		203E	20		315J	25
16 - 23	203E	25		203E	14		315J	20
	203E	20	101 - 119	203E	5	42 - 69	315J	14
	203E	14	120 - 249	115D	5		307H	25
24 - 37	115D	25	250 - 400	107C	5		307H	20
	115D	20	<b>10 HP (7.5 kW) Motor</b>			70 - 85	307H	14
	115D	14	10 - 11	415K	25		215G	25
38 - 100	107C	25		415K	20		215G	20
	107C	20		415K	14	86 - 100	215G	14
	107C	14	12 - 13	407S	25	101 - 159	215G	5
101 - 400	107C	5		407S	20	160 - 279	207F	5
				407S	14	280 - 400	203E	5

Note: <sup>†</sup>Consult factory for delivery on units with 20:1 ratio.

Sumitomo Drive Technologies HSM Shaft Mounted Speed Reducer

# Speed Reducer Size Selection Tables **CLASS II**

OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO†	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO†	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO†
<b>25 HP (18.5 kW) Motor</b>			<b>40 HP (30 kW) Motor (cont.)</b>			<b>75 HP (55 kW) Motor (cont.)</b>		
10 - 19	507L	25	40 - 61	407S	25	65 - 74	507L	14
	507L	20		407S	20		415K	25
	507L	14		407S	14		415K	20
20 - 23	415K	25	62 - 74	315J	25		415K	14
	415K	20		315J	20	75 - 89	415K	14
	415K	14		315J	14	90 - 100	407S	14
24 - 31	407S	25	75 - 100	315J	14	101 - 149	407S	5
	407S	20	101 - 109	315J	5	150 - 299	315J	5
	407S	14	110 - 199	307H	5	300 - 360	307H	5
32 - 57	315J	25	200 - 400	215G	5	361 - 400	307H	5
	315J	20	<b>50 HP (37 kW) Motor</b>			<b>100 HP (75 kW) Motor</b>		
	315J	14	12 - 21	608M	25	24 - 45	608M	25
58 - 80	307H	25		608M	20		608M	20
	307H	20		608M	14		608M	14
	307H	14	22 - 37	507L	25	46 - 58	507L	25
81 - 89	307H	14		507L	20		507L	20
90 - 100	215G	14		507L	14		507L	14
101 - 229	215G	5	38 - 53	415K	25	59 - 87	507L	14
230 - 379	207F	5		415K	20	88 - 100	415K	14
380 - 400	203E	5		415K	14	101 - 149	415K	5
<b>30 HP (22 kW) Motor</b>			54 - 78	407S	25	150 - 239	407S	5
10 - 11	608M	25		407S	20	240 - 320	315J	5
	608M	20		407S	14	321 - 400	315J	5*
	608M	14	79	407S	14	<b>125 HP (90 kW) Motor</b>		
12 - 21	507L	25	80 - 100	315J	14	32 - 54	608M	25
	507L	20		315J	5		608M	20
	507L	14	101 - 159	315J	5		608M	14
22 - 29	415K	25	160 - 279	307H	5		608M	14
	415K	20	280 - 400	215G	5	55 - 57	608M	14
	415K	14	<b>60 HP (45 kW) Motor</b>			58 - 85	507L	14
30 - 41	407S	25	14 - 25	608M	25	86 - 100	507L	14*
	407S	20		608M	20	140 - 209	415K	5
	407S	14		608M	14	210 - 370	407S	5
42 - 77	315J	25	26 - 47	507L	25	371 - 400	407S	5*
	315J	20		507L	20	<b>150 HP (110 kW) Motor</b>		
	315J	14		507L	14	38 - 54	608M	25
78 - 80	307H	25	48 - 69	415K	25		608M	20
	307H	20		415K	20		608M	14
	307H	14		415K	14	55 - 73	608M	14
81 - 100	307H	14	70 - 78	407S	25	74 - 78	507L	14
101 - 119	307H	5		407S	20	79 - 100	507L	14*
120 - 289	215G	5		407S	14	190 - 279	415K	5
290 - 400	207F	5	79 - 94	407S	14	280 - 300	407S	5
<b>40 HP (30 kW) Motor</b>			95 - 100	315J	14	301 - 400	407S	5*
10 - 17	608M	25	101 - 219	315J	5	<b>200 HP Motor</b>		
	608M	20	220 - 359	307H	5	54	608M	25
	608M	14	360 - 390	215G	5		608M	20
18 - 29	507L	25	391 - 400	215G	5*		608M	14
	507L	20	<b>75 HP (55 kW) Motor</b>			55 - 85	608M	14
	507L	14	18 - 31	608M	25	86 - 100	608M	14*
30 - 39	415K	25		608M	20	<b>250 HP Motor</b>		
	415K	20		608M	14	74 - 78	608M	14
	415K	14	32 - 64	507L	25	79 - 100	608M	14*
				507L	20			

Notes: †Consult factory for delivery on units with 20:1 ratio.

\*Indicates that power is constrained by thermal limitations. Please consult factory for ratings with cooling fans.

# CLASS III Speed Reducer Size Selection Tables

OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>
<b>1/4 HP (.18 kW) Motor</b>			<b>2 HP (1.5 kW) Motor (cont.)</b>			<b>7 1/2 HP (5.5 kW) Motor (cont.)</b>		
10 - 100	107C	25	22 - 33	203E	25	95 - 100	203E	25
	107C	20		203E	20		203E	20
	107C	14		203E	14		203E	14
101 - 400	107C	5	34 - 57	115D	25	101 - 219	203E	5
<b>1/3 HP (.25 kW) Motor</b>				115D	20	220 - 400	115D	5
10 - 100	107C	25		115D	14	<b>10 HP (7.5 kW) Motor</b>		
	107C	20	58 - 100	107C	25	10 - 11	507L	25
	107C	14		107C	20		507L	14
101 - 400	107C	5		107C	14	12 - 15	415K	25
<b>1/2 HP (.37 kW) Motor</b>			101 - 400	107C	5		415K	20
10 - 13	115D	25	<b>3 HP (2.2 kW) Motor</b>				415K	14
	115D	20	10 - 13	307H	25	16 - 19	407S	25
	115D	14		307H	20		407S	20
14 - 100	107C	25		307H	14		407S	14
	107C	20	14 - 21	215G	25	20 - 29	315J	25
	107C	14		215G	20		315J	20
101 - 400	107C	5	22 - 31	215G	14	30 - 45	315J	14
<b>3/4 HP (.55 kW) Motor</b>				207F	25		307H	25
10 - 13	203E	25		207F	20		307H	20
	203E	20		207F	14		307H	14
	203E	14	32 - 53	203E	25	46 - 84	215G	25
14 - 19	115D	25		203E	20		215G	20
	115D	20		203E	14	85 - 100	215G	14
	115D	14	54 - 94	115D	25		207F	25
20 - 100	107C	25		115D	20		207F	20
	107C	20		115D	14	101 - 169	207F	14
	107C	14	95 - 100	107C	25		207F	5
101 - 400	107C	5		107C	20	170 - 329	203E	5
<b>1 HP (.75 kW) Motor</b>				107C	14	330 - 400	115D	5
10 - 11	207F	25	101 - 400	107C	5	<b>15 HP (11 kW) Motor</b>		
	207F	20	<b>5 HP (3.7 kW) Motor</b>			10 - 15	507L	25
	207F	14	10 - 15	315J	25		507L	20
12 - 17	203E	25		315J	20		507L	14
	203E	20		315J	14	16 - 21	415K	25
	203E	14	16 - 21	307H	25		415K	20
18 - 25	115D	25		307H	20		415K	14
	115D	20		307H	14	22 - 27	407S	25
	115D	14	22 - 37	215G	25		407S	20
26 - 100	107C	25		215G	20		407S	14
	107C	20		215G	14	28 - 45	315J	25
	107C	14	38 - 61	207F	25		315J	20
101 - 400	107C	5		207F	20	46 - 77	315J	14
<b>1 1/2 HP (1.1 kW) Motor</b>				207F	14		307H	25
10 - 11	215G	25	62 - 100	203E	25		307H	20
	215G	20		203E	20		307H	14
	215G	14		203E	14	78 - 85	215G	25
12 - 15	207F	25	101 - 109	203E	5		215G	20
	207F	20	110 - 239	115D	5		215G	14
	207F	14	240 - 400	107C	5	86 - 100	215G	14
16 - 25	203E	25	<b>7 1/2 HP (5.5 kW) Motor</b>			101 - 179	215G	5
	203E	20	10 - 11	415K	25	180 - 309	207F	5
	203E	14		415K	20	310 - 400	203E	5
26 - 39	115D	25		415K	14	<b>20 HP (15 kW) Motor</b>		
	115D	20	12 - 15	407S	25	10 - 11	608M	25
	115D	14		407S	20		608M	20
40 - 100	107C	25		407S	14		608M	14
	107C	20	16 - 21	315J	25	12 - 21	507L	25
	107C	14		315J	20		507L	20
101 - 400	107C	5		315J	14		507L	14
<b>2 HP (1.5 kW) Motor</b>			22 - 31	307H	25	22 - 27	415K	25
10 - 15	215G	25		307H	20		415K	20
	215G	20		307H	14		415K	14
	215G	14	32 - 61	215G	25	28 - 39	407S	25
16 - 21	207F	25		215G	20		407S	20
	207F	20		215G	14	40 - 69	407S	14
	207F	14	62 - 94	215G	25		315J	25
				207F	20		315J	20
				207F	14		315J	14

Note: <sup>†</sup>Consult factory for delivery on units with 20:1 ratio.

## Speed Reducer Size Selection Tables **CLASS III**

OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>	OUTPUT SPEED RPM	REDUCER SIZE	NOMINAL RATIO <sup>†</sup>
<b>20 HP (15 kW) Motor (cont.)</b>			<b>30 HP (22 kW) Motor (cont.)</b>			<b>60 HP (45 kW) Motor (cont.)</b>		
70 - 80	307H	25	120 - 219	307H	5	78 - 100	415K	14
	307H	20	220 - 400	215G	5	101 - 109	415K	5
	307H	14	<b>40 HP (30 kW) Motor</b>			110 - 189	407S	5
81 - 100	307H	14	14 - 23	608M	25	190 - 390	315J	5
101 - 109	307H	5		608M	20	391 - 400	315J	5*
110 - 269	215G	5		608M	14	<b>75 HP (55 kW) Motor</b>		
270 - 400	207F	5	24 - 44	507L	25	26 - 49	608M	25
<b>25 HP (18.5 kW) Motor</b>				507L	20		608M	20
10 - 15	608M	25		507L	14		608M	14
	608M	20	45 - 65	415K	25	50 - 58	507L	25
	608M	14		415K	20		507L	20
16 - 25	507L	25		415K	14		507L	14
	507L	20	66 - 78	407S	25	59 - 94	507L	14
	507L	14		407S	20	95	415K	14
26 - 33	415K	25		407S	14	96 - 100	415K	14*
	415K	20	79 - 89	407S	14	101 - 169	415K	5
	415K	14	90 - 100	315J	14	170 - 269	407S	5
34 - 51	407S	25	101 - 199	315J	5	270 - 290	315J	5
	407S	20	200 - 329	307H	5	291 - 400	315J	5*
	407S	14	330 - 400	215G	5	<b>100 HP (75 kW) Motor</b>		
52 - 77	315J	25	<b>50 HP (37 kW) Motor</b>			38 - 54	608M	25
	315J	20	18 - 31	608M	25		608M	20
	315J	14		608M	20		608M	14
78 - 84	315J	14		608M	14	55 - 69	608M	14
85 - 100	307H	14	32 - 59	507L	25	70 - 80	507L	14
101 - 169	307H	5		507L	20	81 - 100	507L	14*
170 - 369	215G	5		507L	14	170 - 259	415K	5
370 - 400	207F	5	60 - 74	415K	25	260 - 320	407S	5
<b>30 HP (22 kW) Motor</b>				415K	20	321 - 400	407S	5*
10 - 17	608M	25		415K	14	<b>125 HP (90 kW) Motor</b>		
	608M	20	75 - 84	415K	14	50 - 54	608M	25
	608M	14	85 - 100	407S	14		608M	20
18 - 31	507L	25	101 - 149	407S	5		608M	14
	507L	20	140 - 279	315J	5	55 - 95	608M	14
	507L	14	280 - 400	307H	5	96 - 100	608M	14*
32 - 45	415K	25	<b>60 HP (45 kW) Motor</b>			240 - 250	415K	5
	415K	20	22 - 37	608M	25	251 - 400	415K	5*
	415K	14		608M	20	<b>150 HP (110 kW) Motor</b>		
46 - 69	407S	25		608M	14	58 - 80	608M	14
	407S	20	38 - 77	507L	25	81 - 100	608M	14*
	407S	14		507L	20			
70 - 74	315J	25		507L	14			
	315J	20						
	315J	14						
75 - 100	315J	14						
101 - 119	315J	5						

**Notes:** <sup>†</sup>Consult factory for delivery on units with 20:1 ratio.

\*Indicates that power is constrained by thermal limitations. Please consult factory for ratings with cooling fans.

# Power Rating (Input HP)

## 5:1 Single Reduction Units

Output RPM	107C	115D	203E	207F	215G	307H	315J	407S	415K
100	6.20	9.7	15.2	22.3	38.6	55.4	85.2	115.9	152.5
110	6.49	10.2	15.9	23.4	40.4	58.1	89.2	121.2	159.6
120	6.77	10.6	16.7	24.4	42.2	60.6	93.2	126.7	166.7
130	7.07	11.1	17.4	25.4	44.0	63.2	97.1	132.1	173.9
140	7.36	11.5	18.1	26.5	45.8	65.8	101.1	137.5	181.0
150	7.64	12.0	18.8	27.5	47.6	68.4	105.1	142.8	188.1
160	7.94	12.4	19.5	28.6	49.4	70.9	109.0	148.3	195.2
170	8.22	12.9	20.2	29.6	51.2	73.6	113.0	153.7	202.4
180	8.52	13.3	20.9	30.7	53.0	76.2	117.1	159.0	209.5
190	8.81	13.8	21.6	31.7	54.8	78.7	121.0	164.5	216.6
200	9.09	14.2	22.3	32.7	56.6	81.3	125.0	169.9	223.7
210	9.39	14.7	23.1	33.8	58.4	83.9	129.0	175.3	230.8
220	9.67	15.1	23.8	34.8	60.2	86.5	132.9	180.8	237.9
230	9.96	15.6	24.5	35.9	62.0	89.0	136.9	186.1	245.0
240	10.2	16.1	25.2	36.9	63.8	91.7	140.8	191.5	252.1
250	10.5	16.5	25.9	37.9	65.6	94.3	144.8	197.0	259.2
260	10.8	17.0	26.6	39.0	67.5	96.8	148.9	202.4	<b>262.2</b>
270	11.1	17.4	27.3	40.0	69.2	99.4	152.7	207.7	<b>253.4</b>
280	11.4	17.9	28.0	41.1	71.1	102.1	<b>155.4</b>	213.2	<b>246.7</b>
290	11.7	18.3	28.7	42.1	72.9	104.6	<b>152.2</b>	<b>214.8</b>	<b>241.8</b>
300	12.0	18.8	29.4	43.2	74.7	107.1	<b>149.9</b>	<b>211.7</b>	<b>238.2</b>
310	12.3	19.2	30.2	44.2	76.5	109.8	<b>143.4</b>	<b>202.4</b>	<b>227.7</b>
320	12.6	19.7	30.9	45.2	78.3	112.4	<b>142.1</b>	<b>200.6</b>	<b>225.7</b>
330	12.9	20.1	31.6	46.3	80.1	<b>112.2</b>	<b>136.2</b>	<b>192.3</b>	<b>216.3</b>
340	13.1	20.6	32.3	47.3	81.9	<b>111.8</b>	<b>136.2</b>	<b>191.9</b>	<b>215.8</b>
350	13.4	21.0	33.0	48.4	83.7	<b>107.5</b>	<b>130.9</b>	<b>184.8</b>	<b>207.9</b>
360	13.7	21.5	33.7	49.4	85.5	<b>107.8</b>	<b>130.9</b>	<b>184.8</b>	<b>207.9</b>
370	14.0	21.9	34.4	50.4	87.3	<b>103.8</b>	<b>126.1</b>	<b>178.0</b>	<b>200.2</b>
380	14.3	22.4	35.1	51.5	<b>85.8</b>	<b>100.0</b>	<b>122.4</b>	<b>171.5</b>	<b>194.4</b>
390	14.6	22.9	35.8	52.5	<b>86.5</b>	<b>100.8</b>	<b>122.4</b>	<b>172.9</b>	<b>194.4</b>
400	14.9	23.3	36.6	53.6	<b>83.5</b>	<b>97.4</b>	<b>118.3</b>	<b>167.0</b>	<b>187.9</b>
<b>Torque at 100 RPM (ft*lb)</b>	326	510	800	1172	2028	2913	4476	6085	8012

Note: [1] Those power ratings highlighted in bold indicate that the power is constrained by thermal limitations. Please consult factory for ratings with cooling fans.

# Power Rating (Input HP)

## 14:1, 20:1, and 25:1 Double Reduction Units

Output RPM	107C	115D	203E	207F	215G	307H	315J	407S	415K	507L	608M
10	0.72	1.14	1.80	2.63	4.55	6.52	10.1	13.7	18.0	35.4	61.8
12	0.90	1.39	2.20	3.22	5.58	8.01	12.3	16.8	22.0	42.1	73.6
14	1.06	1.66	2.60	3.81	6.60	9.48	14.6	19.8	26.0	48.7	85.2
16	1.22	1.92	3.00	4.41	7.63	11.0	16.9	22.9	30.2	55.4	96.7
18	1.39	2.17	3.42	5.00	8.66	12.4	19.0	26.0	34.2	61.8	108.0
20	1.56	2.44	3.82	5.61	9.68	13.9	21.3	29.1	38.2	68.4	119.2
22	1.72	2.70	4.22	6.20	10.7	15.4	23.6	32.2	42.4	74.7	130.2
24	1.89	2.95	4.64	6.79	11.7	16.9	25.9	35.3	46.4	81.0	141.2
26	2.05	3.20	5.04	7.39	12.8	18.3	28.2	38.4	50.4	87.3	151.5
28	2.21	3.47	5.44	7.98	13.8	19.8	30.4	41.4	54.6	93.5	161.7
30	2.39	3.73	5.85	8.57	14.8	21.3	32.7	44.5	58.6	99.8	171.6
32	2.55	3.98	6.26	9.17	15.9	22.8	35.0	47.6	62.6	105.7	181.3
34	2.71	4.25	6.66	9.76	16.9	24.2	37.3	50.7	66.6	111.8	191.1
38	2.88	4.51	7.07	10.4	17.9	25.7	39.6	53.8	70.8	124.0	210.5
40	3.04	4.76	7.47	11.0	18.9	27.2	41.8	56.9	74.8	129.8	220.2
42	3.20	5.02	7.89	11.5	20.0	28.7	44.1	59.9	78.9	135.6	230.0
46	3.37	5.28	8.29	12.1	21.0	30.2	46.4	63.0	83.0	146.7	249.4
50	3.54	5.54	8.69	12.7	22.0	31.6	48.7	66.1	87.0	157.6	267.1
52	3.70	5.79	9.09	13.3	23.1	33.1	50.8	69.2	91.1	162.0	276.9
54	3.86	6.06	9.51	13.9	24.1	34.6	53.1	72.3	95.2	168.4	286.6
58	4.04	6.32	9.91	14.5	25.1	36.1	55.4	75.4	99.2	178.1	302.8
62	4.20	6.57	10.3	15.1	26.1	37.5	57.7	78.4	103.3	187.9	319.0
66	4.36	6.83	10.7	15.7	27.2	39.0	59.9	81.5	107.3	197.5	333.5
70	4.53	7.09	11.1	16.3	28.2	40.5	62.2	84.6	111.4	207.3	348.1
74	4.69	7.35	11.5	16.9	29.2	42.0	64.5	87.7	115.5	210.5	362.7
78	4.99	7.82	12.3	18.0	31.1	44.7	68.7	93.3	122.8	225.0	375.6
80	5.30	8.29	13.0	19.1	33.0	47.4	72.8	99.0	130.3	<b>207.7</b>	<b>330.6</b>
85	5.59	8.77	13.8	20.2	34.9	50.1	77.0	104.6	137.7	<b>187.9</b>	<b>298.1</b>
90	5.90	9.24	14.5	21.2	36.7	52.8	81.1	110.2	145.1	<b>168.0</b>	<b>265.5</b>
95	6.20	9.71	15.2	22.3	38.6	55.5	85.2	115.9	<b>152.3</b>	<b>159.2</b>	<b>250.5</b>
100	6.20	9.71	15.2	22.3	38.6	55.5	<b>81.7</b>	115.9	<b>142.8</b>	<b>150.3</b>	<b>235.5</b>
<b>Torque at 10 RPM (ft*lb)</b>	383	600	941	1379	2386	3426	5266	7159	9425	18627	32492

**Notes:**

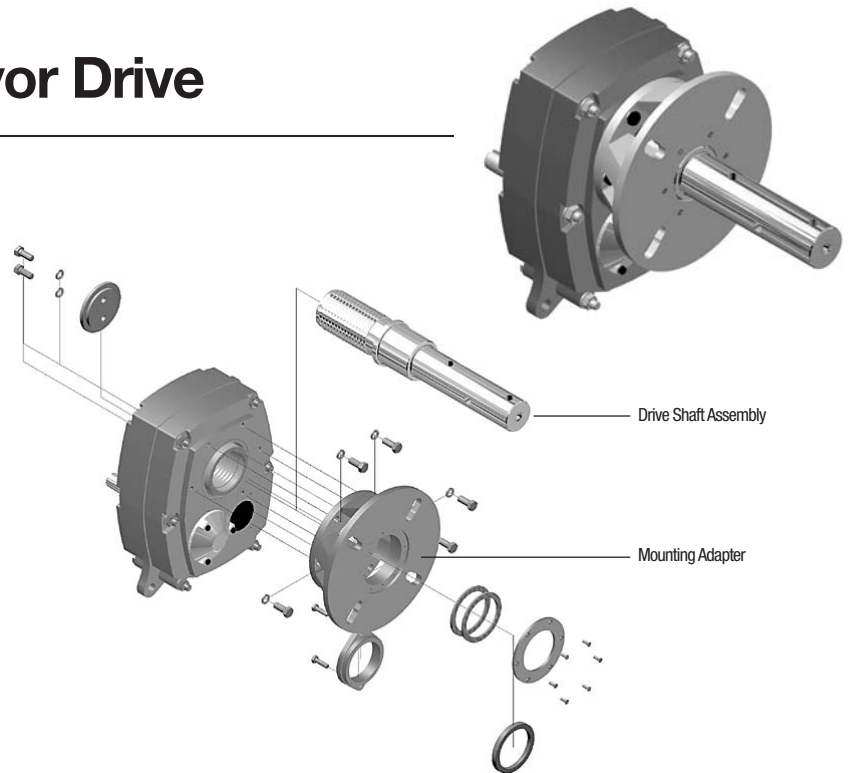
[1] Those power ratings highlighted in bold indicate that the power is constrained by thermal limitations. Please consult factory for ratings with cooling fans.

[2] Those power ratings in shaded cells indicate the limit of recommended output speed for 20:1 and 25:1 reducers.

# CEMA Screw Conveyor Drive

Use the Selection Table below to select a Screw Conveyor Drive Shaft Assembly and Mounting Adapter.

1. Based on the **Reducer Size**, **Screw Conveyor Diameter**, and preferred **Drive Shaft Diameter**, find the **Drive Shaft Assembly** part number.
2. Specify the corresponding **Mounting Adapter** part number.
3. **Optional:** For **Top Mount** motor applications, select a **Motor bracket** part number and (optional) **Belt Guard** part number based on the Reducer Size and NEMA Motor Frame size.

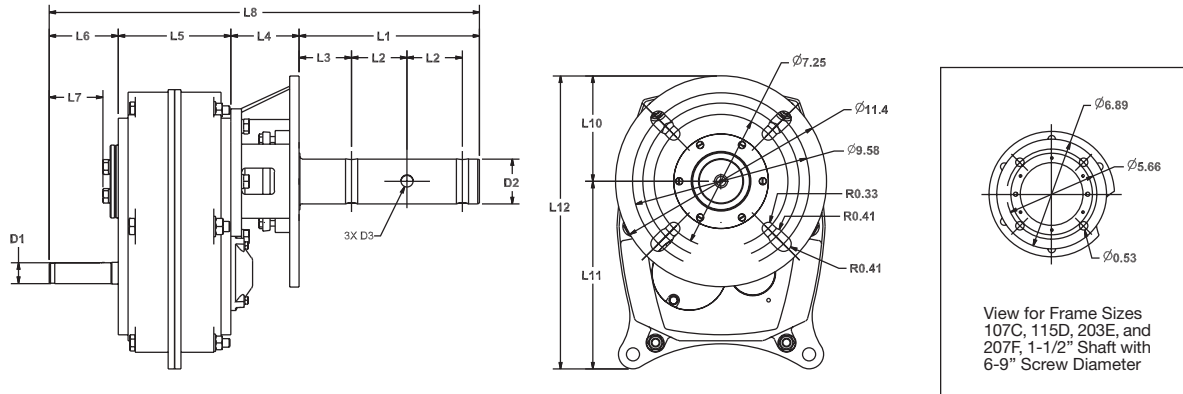


## Selection Table

Drive Shaft Assembly and Mounting Adapter					Optional Top Mount Motor Parts			
Reducer Size	Screw Conveyor Diameter (inches)	Drive Shaft Diameter (inches)	PART NO. Drive Shaft Assembly	PART NO. Mounting Adapter	NEMA Motor Frame Range	PART NO. Top Mount	PART NO. Top Mount Belt Guard (Optional)	PART NO. Side Mount Belt Guard (Optional)
107C	6 - 9 <sup>[1]</sup>	1-1/2"	116C4108-C3	116C4041	56~184T	116C0220-X	116C6061-X	116C6161-X
	9 - 12	2"	116C4200-C3	116C4040				
	12 - 14	2-7/16"	116C4207-C3					
	12 - 20	3"	116C4300-C3					
115D	6 - 9 <sup>[1]</sup>	1-1/2"	116D4108-C3	116D4041	56~215T	116D0220-X	116D6061-X	116D6161-X
	9 - 12	2"	116D4200-C3	116D4040				
	12 - 14	2-7/16"	116D4207-C3					
	12 - 20	3"	116D4300-C3					
203E	6 - 9 <sup>[1]</sup>	1-1/2"	116E4108-C3	116E4041	56~215T	116E0220-X	116E6061-X	116E6161-X
	9 - 12	2"	116E4200-C3	116E4040				
	12 - 14	2-7/16"	116E4207-C3					
	12 - 20	3"	116E4300-C3					
207F	6 - 9 <sup>[1]</sup>	1-1/2"	116F4108-C3	116F4041	56~215T	116F0220-X	116F6061-X	116F6161-X
	9 - 12	2"	116F4200-C3	116F4040				
	12 - 14	2-7/16"	116F4207-C3					
	12 - 20	3"	116F4300-C3					
215G	9 - 12	2"	116G4200-C3	116G4040	143T~286T	116G0220-X	116G6061-X	116G6161-X
	12 - 14	2-7/16"	116G4207-C3					
	12 - 20	3"	116G4300-C3					
	18 - 24	3-7/16"	116G4307-C3					
307H	9 - 12	2"	116H4200-C3	116H4040	143T~286T	116H0220-X	116H6061-X	116H6161-X
	12 - 14	2-7/16"	116H4207-C3					
	12 - 20	3"	116H4300-C3					
	18 - 24	3-7/16"	116H4307-C3					
315J	12 - 14	2-7/16"	116J4207-C3	116J4040	143T~326T	116J0220-X	116J6061-X	116J6161-X
	12 - 20	3"	116J4300-C3					
	18 - 24	3-7/16"	116J4307-C3					
407S	12 - 14	2-7/16"	116S4207-C3	116S4040	143T~326T	116S0220-X	116S6061-X	116S6161-X
	12 - 20	3"	116S4300-C3					
	18 - 24	3-7/16"	116S4307-C3					

Note: [1] See view on page 21 for Frame Sizes 107C, 115D, 203E, and 207F, 1-1/2" Shaft with 6-9" Screw Diameter.

# CEMA Screw Conveyor Drive Dimensions



Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.

Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.

## Dimensions (inches)

Unit	107C				115D				203E				207F			
D2	Ø1-1/2"	Ø2"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø1-1/2"	Ø2"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø1-1/2"	Ø2"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø1-1/2"	Ø2"	Ø2-7/16"	Ø3"
Screw Dia.	6-9" [1]	9-12"	12-14"	12-20"	6-9" [1]	9-12"	12-14"	12-20"	6-9" [1]	9-12"	12-14"	12-20"	6-9" [1]	9-12"	12-14"	12-20"
D1	3/4	3/4	3/4	3/4	15/16	15/16	15/16	15/16	1-1/16	1-1/16"	1-1/16	1-1/16	1-1/8	1-1/8	1-1/8	1-1/8
D3	17/32	21/32	21/32	25/32	17/32	21/32	21/32	25/32	17/32	21/32	21/32	25/32	17/32	21/32	21/32	25/32
D4	6.89	11.42	11.42	11.42	6.89	11.4	11.4	11.4	6.89	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
L1	9.00	9.00	9.69	9.88	9.00	9.00	9.69	9.88	9.00	9.00	9.69	9.88	9.00	9.00	9.69	9.88
L2	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
L3	2.13	2.13	2.76	2.87	2.13	2.13	2.76	2.87	2.13	2.13	2.76	2.87	2.13	2.13	2.76	2.87
L4	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.56	3.56	3.56	3.56	3.69	3.69	3.69	3.69
L5	4.65	4.65	4.65	4.65	5.00	5.00	5.00	5.00	5.31	5.31	5.31	5.31	6.10	6.10	6.10	6.10
L6	2.87	2.87	2.87	2.87	3.23	3.23	3.23	3.23	3.43	3.43	3.43	3.43	3.74	3.74	3.74	3.74
L7	1.41	1.41	1.41	1.41	2.48	2.48	2.48	2.48	2.60	2.60	2.60	2.60	2.91	2.91	2.91	2.91
L8	19.74	19.74	20.43	20.61	20.4	20.4	21.1	21.3	21.3	21.3	22.0	22.2	22.5	22.5	23.2	23.4
L10	3.50	5.71	5.71	5.71	3.50	5.71	5.71	5.71	3.50	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
L11	6.02	6.02	6.02	6.02	7.28	7.28	7.28	7.28	8.50	8.50	8.50	8.50	10.2	10.2	10.2	10.2
L12	9.52	11.73	11.73	11.73	10.8	13.0	13.0	13.0	12.0	14.2	14.2	14.2	15.9	15.9	15.9	15.9

Unit	215G				307H				315J			407S		
D2	Ø2"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø3-7/16"	Ø2"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø3-7/16"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø3-7/16"	Ø2-7/16"	Ø3"	Ø3-7/16"
Screw Dia.	9-12"	12-14"	12-20"	18-24"	9-12"	12-14"	12-20"	18-24"	12-14"	12-20"	18-24"	12-14"	12-20"	18-24"
D1	1-5/16	1-5/16	1-5/16	1-5/16	1-11/16	1-11/16	1-11/16	1-11/16	1-7/8	1-7/8	1-7/8	2-3/16	2-3/17	2-3/18
D3	21/32	21/32	25/32	29/32	21/32	21/32	25/32	29/32	21/32	25/32	29/32	21/32	25/32	29/32
D4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
L1	9.00	9.69	9.88	13.13	9.00	9.69	9.88	13.13	9.69	9.88	13.13	9.69	9.88	13.13
L2	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00
L3	2.13	2.76	2.87	3.87	2.13	2.76	2.87	3.87	2.76	2.87	3.87	2.76	2.87	3.87
L4	4.00	4.00	4.00	4.00	4.25	4.25	4.25	4.25	5.49	5.49	5.49	6.31	6.31	6.31
L5	6.85	6.85	6.85	6.85	7.99	7.99	7.99	7.99	8.43	8.43	8.43	8.66	8.66	8.66
L6	3.94	3.94	3.94	3.94	4.53	4.53	4.53	4.53	4.96	4.96	4.96	5.71	5.71	5.71
L7	2.91	2.91	2.91	2.91	3.50	3.50	3.50	3.50	3.74	3.74	3.74	4.49	4.49	4.49
L8	23.8	24.5	24.7	27.9	25.8	26.5	26.6	29.9	28.6	28.8	32.0	30.4	30.6	33.8
L10	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
L11	11.1	11.1	11.1	11.1	12.5	12.5	12.5	12.5	14.8	14.8	14.8	19.1	19.1	19.1
L12	16.8	16.8	16.8	16.8	18.2	18.2	18.2	18.2	20.6	20.6	20.6	24.8	24.8	24.8

Note: [1] See view above for Frame Sizes 107C, 115D, 203E, and 207F, 1-1/2" Shaft with 6-9" Screw Diameter.



# Sheave Diameters

## Minimum Sheave Diameters

To keep the overhung load imposed by the V-Belt on the input shaft within the capacity of the bearings, the minimum pitch diameter of the sheave mounted on the HSM input shaft must comply with the limitation detailed in the tables below.

Unit Size	Ratio	Output Speed RPM	Min. Input Shaft Sheave Pitch Diameter (in.)
107C	5:1	100-109	5.75
		110-139	5.50
		140-280	5.25
		281-390	5.50
		391-400	5.75
	14:1	10-14	2.50
		15-78	2.75
		79-100	3.00
	20:1	10-26	1.75
		27-50	2.00
		51-85	2.25
	25:1	86-100	2.50
10-22		1.50	
23-32		1.75	
33-78		2.00	
115D	5:1	100-119	7.25
		120-209	7.00
		210-230	6.75
		231-330	7.00
		331-390	7.25
	14:1	391-400	7.50
		10-16	3.25
		17-52	3.50
		53-80	3.75
	20:1	81-100	4.00
		10-16	2.25
		17-30	2.50
31-52		2.75	
25:1	53-80	3.00	
	81-100	3.25	
	10-12	1.75	
	13-24	2.00	
	25-32	2.25	
203E	5:1	100-119	8.75
		120-169	8.50
		170-240	8.25
		241-310	8.50
		311-380	8.75
	14:1	381-400	9.00
		10-16	4.00
		17-52	4.25
		53-78	4.50
	20:1	79-100	4.75
		10-24	2.75
		25-30	3.00
31-52		3.25	
53-78		3.50	
25:1	79-100	3.75	
	10-20	2.25	
	21-26	2.50	
	27-38	2.75	
	39-74	3.00	
270F	5:1	100-109	7.00
		110-139	6.75
		140-280	6.50
		281-390	6.75
		391-400	7.00
	14:1	10-50	3.25
		51-78	3.50
		79-85	3.75
		86-100	4.00
	20:1	10-28	2.25
		29-50	2.50
		51-80	2.75
81-100		3.00	
25:1	10-20	1.75	
	21-28	2.00	
	29-74	2.25	
	75-85	2.50	
	86-100	2.75	
215G	5:1	100-109	10.00
		110-119	9.75
		120-159	9.50
		160-270	9.25
		271-350	9.50
	14:1	351-400	9.75
		10-14	4.50
		15-52	4.75
		53-78	5.00
	20:1	79-85	5.25
		86-100	5.50
		10-18	3.00
19-26		3.25	
25:1	27-30	3.50	
	31-74	3.75	
	75-85	4.00	
	86-100	4.25	
	10-20	2.50	
307H	5:1	100-109	8.50
		110-126	8.25
		127-339	8.00
		340-349	7.75
		350-369	7.00
	14:1	370-379	6.75
		380-400	6.50
		10-12	3.75
		13-52	4.00
	20:1	53-78	4.25
		79-100	4.50
		10-12	2.50
13-28		2.75	
25:1	29-40	3.00	
	41-78	3.25	
	79-100	3.50	
	10-11	2.00	
	12-24	2.25	
315J	5:1	100-109	12.00
		110-119	11.75
		120-159	11.50
		160-259	11.25
		260-289	11.50
	14:1	290-299	11.00
		300-309	10.50
		310-319	10.00
		320-329	9.75
	20:1	330-349	9.00
		350-359	8.50
		360-369	8.25
370-379		7.75	
25:1	380-400	7.50	
	10-21	5.50	
	22-53	5.75	
	54-79	6.00	
	80-84	6.25	
407S	5:1	85-100	6.50
		10-11	3.50
		12-24	3.75
		25-30	4.00
		31-38	4.25
	14:1	39-70	4.50
		71-78	4.75
		79-85	5.00
		86-100	5.25
	20:1	10-20	3.00
		21-24	3.25
		25-28	3.50
29-38		3.75	
39-74		4.00	
470S	5:1	75-78	4.25
		79-90	4.50
		91-100	4.75
		100-109	12.25
		110-119	12.00
	14:1	120-139	11.75
		140-299	11.50
		300-309	11.00
		310-319	10.25
	20:1	320-329	10.00
		330-339	9.50
		340-349	9.25
350-359		8.75	
25:1	360-369	8.50	
	370-379	8.25	
	380-400	7.75	
	10-14	5.50	
	15-50	5.75	
270F	51-78	6.00	
	79-80	6.25	
	81-90	6.50	
	91-100	6.75	
	10-11	2.00	

# Sheave Diameters

## Minimum Sheave Diameters (cont.)

Unit Size	Ratio	Output Speed RPM	Min. Input Shaft Sheave Pitch Diameter (in.)
407S (cont.)	20:1	10-22	3.75
		23-28	4.00
		29-32	4.25
		33-70	4.50
		71-78	4.75
		79-85	5.00
		86-100	5.25
	25:1	10-18	3.00
		19-24	3.25
		25-28	3.50
		29-38	3.75
		39-74	4.00
		75-78	4.25
		79-90	4.50
91-100	4.75		
415K	5:1	100-109	15.75
		110-119	15.50
		120-129	15.25
		130-149	15.00
		150-229	14.75
		230-269	14.50
		270-279	13.50
		280-289	13.00
		290-299	12.50
		300-309	12.00
	310-319	11.25	
	320-329	11.00	
	330-339	10.25	
	340-349	10.00	
	350-369	9.50	
	370-379	9.00	
	380-400	8.50	
	14:1	10-14	6.75
		15-26	7.00
		27-37	7.25
38-40		7.00	
41-45		7.25	
46-50		7.00	
51-74		7.25	
75-78		7.50	
79-80		7.75	
81-100		8.00	

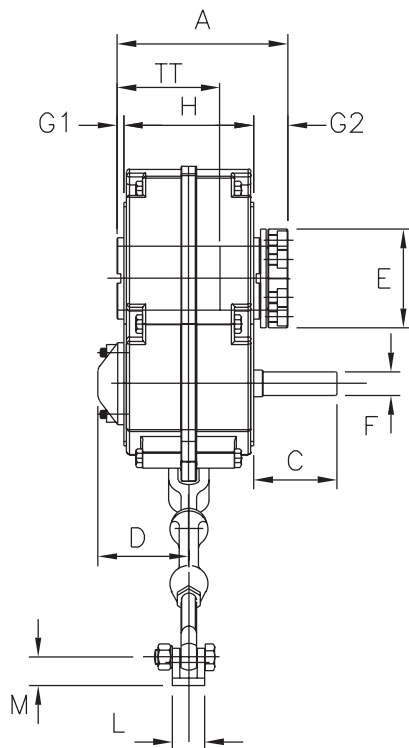
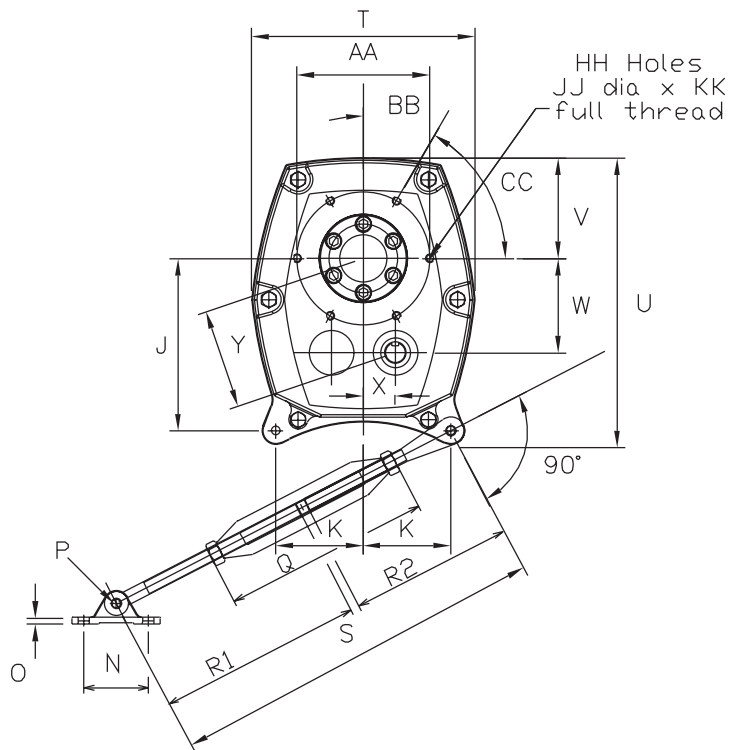
  

Unit Size	Ratio	Output Speed RPM	Min. Input Shaft Sheave Pitch Diameter (in.)
415K (cont.)	20:1	10-12	4.50
		13-24	4.75
		25-28	5.00
		29-32	5.25
		33-50	5.50
		51-78	5.75
		79-80	6.00
	25:1	81-90	6.25
		91-100	6.50
		10-20	4.00
		21-24	4.25
		25-28	4.50
		29-32	4.75
		33-52	5.00
53-78	5.25		
79-80	5.50		
81-90	5.75		
91-100	6.00		
507L	14:1	10-15	9.25
		16-25	9.00
		26-46	8.75
		47-52	9.00
		53-66	9.25
		67-79	9.50
		80-84	8.75
		85-89	7.50
		90-94	6.50
		95-100	6.00
	20:1	10-21	6.25
		22-26	6.00
		27-32	6.25
		33-38	6.50
		39-46	6.75
		47-58	7.00
		59-79	7.25
		80-84	6.50
		85-89	5.75
		90-100	4.75
25:1	10-24	5.00	
	25-30	5.25	
	31-34	5.50	
	35-46	5.75	
	47-79	6.00	
	80-84	5.25	
	85-89	4.50	
	90-94	4.00	
	95-100	3.50	

Unit Size	Ratio	Output Speed RPM	Min. Input Shaft Sheave Pitch Diameter (in.)
608M	14:1	10-11	17.50
		12-15	17.25
		16-19	17.00
		20-23	16.75
		24-27	16.50
		28-31	16.25
		32-37	16.00
		38-42	15.75
		43-46	16.00
		47-50	16.25
	20:1	51-52	16.50
		53-54	16.75
		55-70	17.00
		71-79	17.25
		80-84	15.00
		85-89	12.75
		90-94	11.00
		95-100	10.00
		25:1	10-17
18-23	11.25		
24-28	11.00		
29-30	11.25		
31-34	11.50		
35-42	12.00		
43-50	12.50		
51-62	12.75		
63-79	13.00		
80-84	11.00		
25:1	85-89	9.50	
	90-94	8.00	
	95-100	7.25	
	10-13	10.00	
	14-24	9.75	
	25-28	10.00	
	29-32	10.25	
	33-34	10.50	
	35-40	10.75	
	41-42	11.00	
25:1	43-52	11.25	
	53-77	11.50	
	78-79	11.25	
	80-84	9.75	
	85-89	8.25	
	90-94	7.00	
	95-100	6.50	

# Dimensions – Unit Sizes 107 ~ 307



# Dimensions – Unit Sizes 107 ~ 307

DIMENSION	UNIT SIZE					
	107C	115D	203E	207F	215G	307H
A	6.38	6.69	7.24	7.91	9.09	10.28
B	Refer to Bore Size table on page 7					
C	2.87	3.23	3.43	3.74	3.94	4.53
D [1]	3.23	3.66	3.74	4.25	4.49	5.00
E	3.23	3.62	4.09	4.49	5.43	5.98
F (key)	Ø3/4 (3/16 x 3/16)	Ø15/16 (1/4 x 1/4)	Ø1-1/16 (1/4 x 1/4)	Ø1-1/8 (1/4 x 1/4)	Ø1-5/16 (5/16 x 5/16)	Ø1-11/16 (3/8 x 3/8)
G1	0.16	0.16	0.16	0.28	0.28	0.28
G2	1.46	1.42	1.65	1.54	1.97	2.01
H	4.65	5.00	5.31	6.10	6.85	7.99
J	5.45	6.65	7.91	9.35	10.28	11.57
K	3.01	3.31	4.02	4.76	5.24	5.98
L	0.94	1.34	1.34	1.65	1.65	2.76
M	0.79	0.94	0.94	1.26	1.26	1.97
N	2.56	2.95	2.95	3.94	3.94	4.72
O	0.20	0.31	0.31	0.47	0.47	0.71
P	0.39	0.51	0.51	0.67	0.67	0.63
Q	7.87	8.50	8.50	8.50	8.50	8.74
R1	11.8	13.8	13.8	14.8	14.8	14.8
R2	6.57	7.44	7.44	9.69	9.69	10.4
S	Min.	18.4	21.2	21.2	24.4	25.1
	Max.	24.3	27.1	27.1	30.4	31.0
T	7.32	8.58	10.16	10.9	12.5	14.4
U	9.21	11.10	12.99	15.2	16.6	18.8
V	3.19	3.78	4.61	5.08	5.63	6.38
W	2.95	3.54	4.33	4.94	5.55	6.14
X	1.00	1.22	1.46	1.71	1.96	2.20
Y	3.11	3.74	4.57	5.24	5.88	6.54
AA	4.72	5.31	6.10	6.89	8.35	10.04
BB	45°	45°	30°	30°	30°	0°
CC	90°	90°	60°	60°	60°	60°
HH	4	4	6	6	6	5
JJ	M10	M10	M10	M12	M16	M20
KK	0.59	0.59	0.59	0.71	0.83	0.98
TT	2.9	3.2	3.6	3.8	4.4	4.9
Single Red. Wt. (lbs)	30.9	48.5	68.4	99.2	141.1	220.5
Double Red. Wt. (lbs)	33.1	52.9	75.0	108.0	152.1	238.1

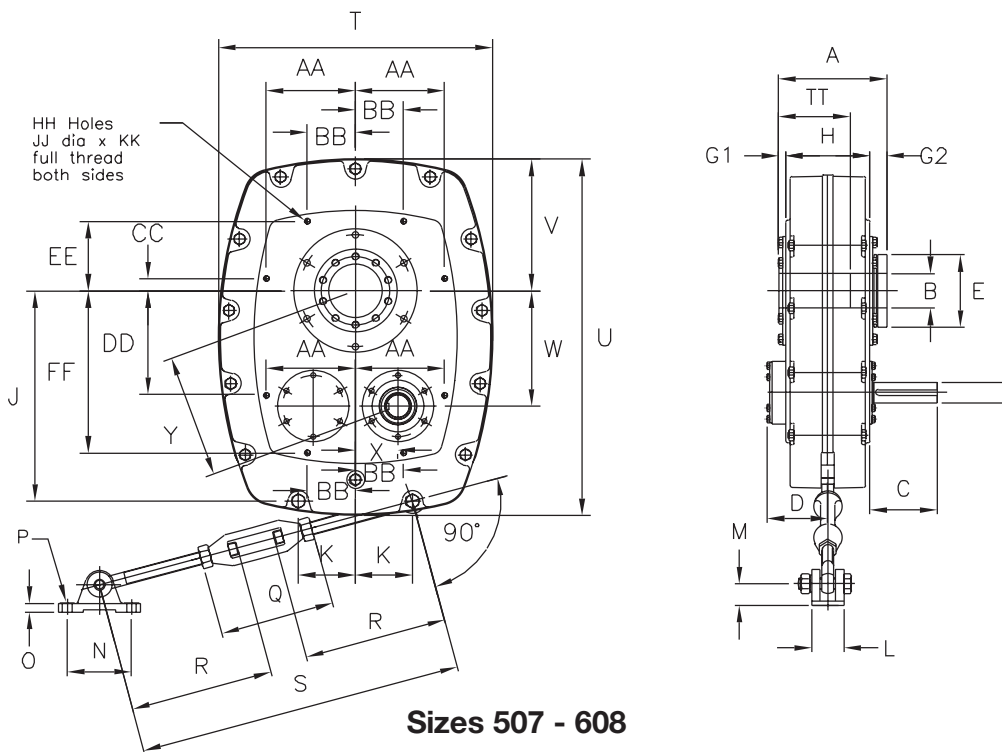
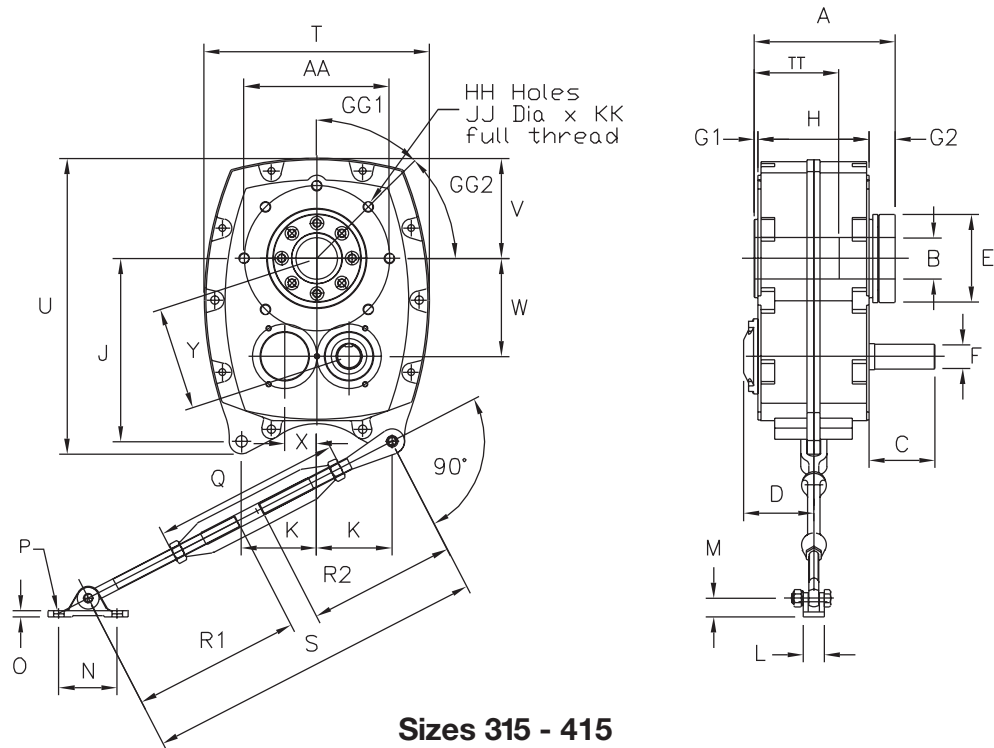
Note: [1] Dimension D is increased by 0.28 inches when a backstop is fitted.

## Exact Ratio

Nominal Ratio	Unit Size					
	107C	115D	203E	207F	215G	307H
5:1	4.941	5.050	5.047	5.047	5.047	5.047
14:1	13.410	13.596	13.587	13.587	13.395	13.587
20:1	20.421	20.466	20.455	20.455	20.455	20.455
25:1	23.544	25.250	25.235	25.235	25.235	25.235

Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.  
Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.

# Dimensions – Unit Sizes 315 ~ 608



# Dimensions – Unit Sizes 315 ~ 608

DIMENSION	UNIT SIZE				
	315J	407S	415K	507L	608M
A	10.7	10.9	11.4	14.0	16.0
B	Refer to Bore Size table on page 7				
C	4.96	5.71	7.09	8.50	9.49
D [1]	5.24	5.28	5.55	7.99	8.86
E	6.69	7.32	8.15	9.37	10.9
F (key)	Ø1-7/8 (1/2 x 1/2)	Ø2-3/16 (1/2 x 1/2)	Ø2-7/16 (5/8 x 5/8)	Ø2-9/16 (5/8 x 5/8)	Ø3-3/8 (7/8 x 7/8)
G1	0.26	0.28	0.30	0.87	0.87
G2	1.97	2.01	2.32	2.17	2.17
H	8.46	8.66	8.82	10.6	12.5
J	13.9	18.0	20.4	23.2	26.7
K	5.71	6.18	6.30	6.30	7.48
L	2.76	2.76	2.76	4.33	4.33
M	1.97	1.97	1.97	2.99	2.99
N	4.72	4.72	4.72	7.09	7.09
O	0.71	0.71	0.71	1.02	1.02
P	0.63	0.63	0.63	M24	M24
Q	8.74	8.74	8.74	10.4	10.4
R	–	–	–	15.7	15.7
R1	14.8	14.8	14.8	–	–
R2	10.4	10.4	10.4	–	–
S	Min.	25.1	25.1	31.5	31.5
	Max.	31.0	31.0	31.0	37.4
T	17.1	21.3	22.4	30.3	34.6
U	22.4	28.9	32.0	39.4	44.9
V	7.68	10.0	11.1	14.6	16.1
W	7.44	10.0	10.5	12.8	14.7
X	2.44	2.95	3.67	4.69	5.24
Y	7.87	10.5	11.1	13.6	15.6
AA	11.0	11.0	12.60	9.84	12.4
BB	–	–	–	5.31	5.12
CC	–	–	–	1.34	-1.57
DD	–	–	–	11.6	11.0
EE	–	–	–	7.68	8.46
FF	–	–	–	17.9	21.1
GG1	0°	22.5°	22.5°	–	–
GG2	45°	45°	45°	–	–
HH	7	8	8	8	8
JJ	M20	M20	M20	M16	M16
KK	0.94	1.18	0.94	1.06	1.06
TT	5.62	5.12	5.24	6.50	7.40
Single Red. Wt. (lbs)	324	443	567	–	–
Double Red. Wt. (lbs)	342	483	622	1202	1632

Note: [1] Dimension D is increased by 0.28 inches when a backstop is fitted.

## Exact Ratio

Nominal Ratio	Unit Size				
	315J	407S	415K	507L	608M
5:1	5.047	5.047	–	–	–
14:1	13.587	13.587	13.270	13.260	12.850
20:1	20.455	20.455	19.970	19.580	19.330
25:1	25.235	25.235	24.000	24.733	22.601

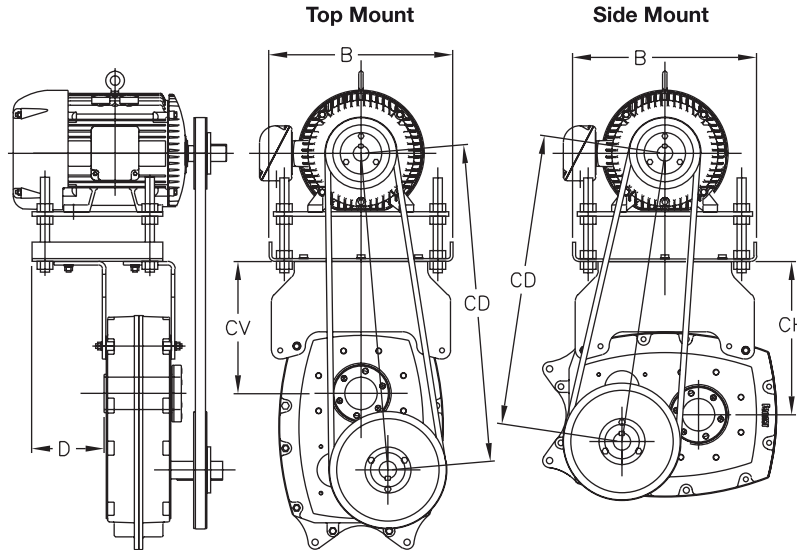
Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.  
Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.

# Motor Mounts

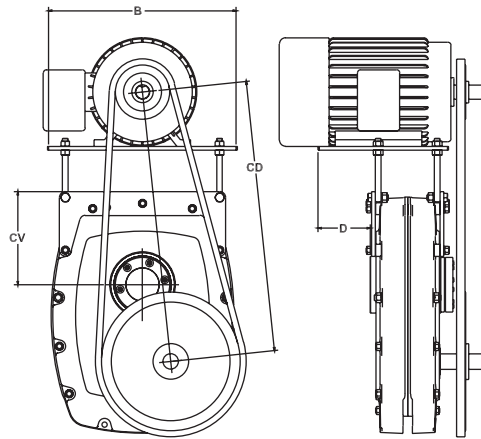
The Sumitomo motor mounting assembly provides a rigid baseplate that is designed to accommodate a wide range of motor frame sizes. Each size of motor mount has sufficient adjustment available to insure that a standard

belt can be fitted and re-tensioned as required through its working life. Refer to the Belt Guard Dimensions page for additional information.

## Sizes 107C – 415K



## Sizes 507L – 608M

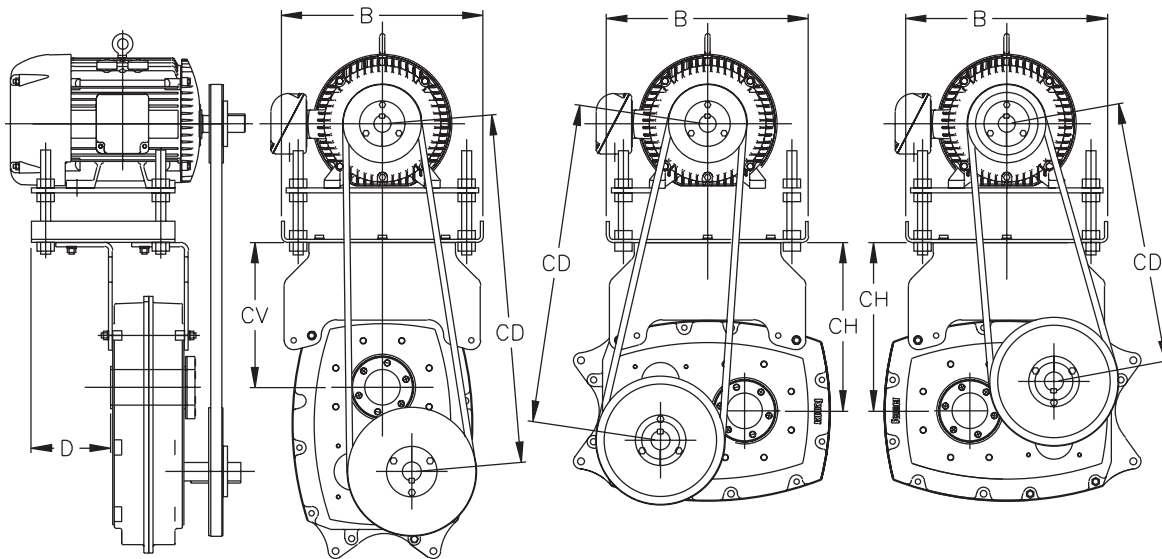


## Dimensions (Inch)

Model	NEMA Frame Size	CD TOP MOUNT		CD SIDE MOUNT		B	CV	D	CH	Weight Max.	(lb)
		Min.	Max.	Min.	Max.						
107C	56~184T	16.75	21.00	15.25	19.00	13.62	7.87	8.15	5.40	40	
115D	56~215T	17.75	23.00	16.50	21.25	14.63	8.62	9.25	6.38	52	
203E	56~215T	20.50	25.50	18.50	23.00	14.63	10.31	11.02	5.86	55	
207F	56~215T	22.25	27.25	20.00	24.75	14.63	11.36	12.20	4.76	56	
215G	143T~286T	24.50	32.00	22.00	29.25	18.62	12.40	13.31	11.07	130	
307H	143T~286T	25.00	32.25	22.25	29.50	18.62	12.09	13.31	9.33	129	
315J	143T~326T	27.75	36.00	24.00	32.25	20.50	13.50	14.65	10.57	144	
407S	143T~326T	30.75	39.00	25.00	33.25	20.50	13.94	14.80	9.61	138	
415K	213T~365T	38.25	47.75	34.50	44.00	25.20	18.09	21.02	11.95	265	
507L	254T~405T	39.00	44.50	-	-	31.50	28.19	-	14.86	206	
608M	254T~445T	43.00	48.50	-	-	33.07	31.54	-	18.01	239	

Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.  
Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.

# Extended Motor Mounts



## Extended Motor Top-Mounted for use with CEMA Screw Conveyor Drive Option

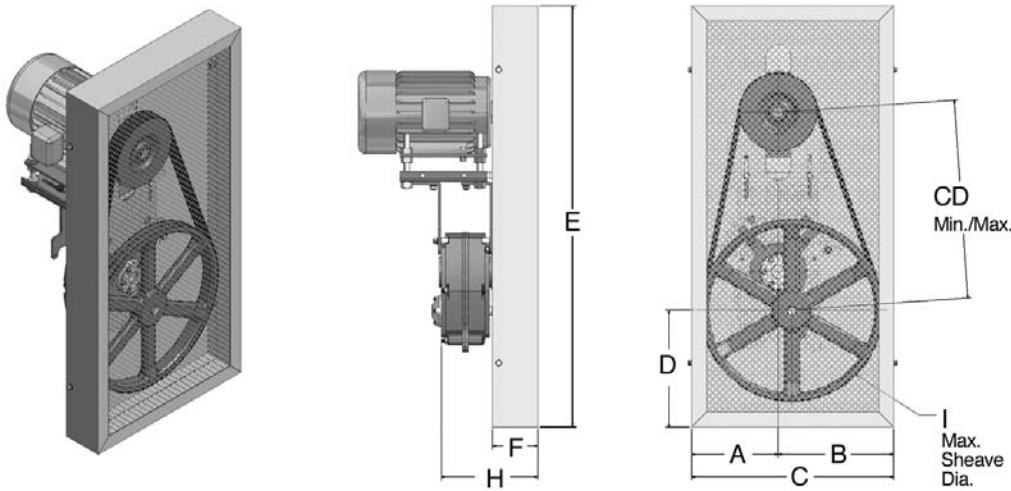
Dimensions (in)

Model	NEMA Frame Size	CD TOP MOUNT		CD SIDE MOUNT Input On Left		CD SIDE MOUNT Input On Right		B	CV	CH	D Max	Weight (lb)
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.					
107C	56~184T	24.6	29.6	23.3	28.4	21.3	26.4	13.62	16.14	16.81	5.40	57
115D	56~215T	25.1	31.1	23.5	29.5	21.1	27.0	14.62	16.10	16.73	6.38	70
203E	56~215T	26.4	32.4	24.4	30.3	21.5	27.4	14.62	16.61	17.33	5.86	70
207F	56~215T	26.9	32.9	24.6	30.6	21.2	27.2	14.62	16.48	17.32	4.76	70
215G	143T~286T	31.6	40.1	29.0	37.5	25.1	33.6	18.62	19.88	20.79	11.07	158
307H	143T~286T	32.3	40.8	29.8	38.3	25.5	33.9	18.62	19.96	21.38	9.33	165
315J	143T~326T	33.4	42.9	29.8	39.2	25.0	34.4	20.50	19.80	20.94	10.57	177
407S	143T~326T	36.1	45.6	30.4	39.7	24.6	33.9	20.50	19.84	20.71	9.61	169

Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.  
Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.



# Belt Guards Dimensions



## Top Mount Reducer

Unit Size	107C	115D	203E	207F	215G	307H	315J	407S	415K
Belt Guard Part No.	116C6061	116D6061	116E6061	116F6061	116G6061	116H6061	116J6061	116S6061	116K6061
A	7.3	11.0	11.0	11.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
B	9.7	14.5	14.5	14.5	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
C	17.0	25.5	25.5	25.5	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
D	9.5	15.9	15.0	14.5	19.2	18.6	17.3	14.8	14.3
E	40.0	53.0	53.0	53.0	61.0	61.0	61.0	61.0	71.0
F	5.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0
H	10.0	10.9	11.6	12.4	15.2	16.4	16.8	17.0	18.3
I Max <sup>[1]</sup>	14.0	23.0	23.0	23.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
CD MIN	16.8	17.8	20.5	22.3	24.5	25.0	27.8	30.8	38.3
CD MAX	21.0	23.0	25.5	27.3	32.0	32.3	36.0	39.0	47.8

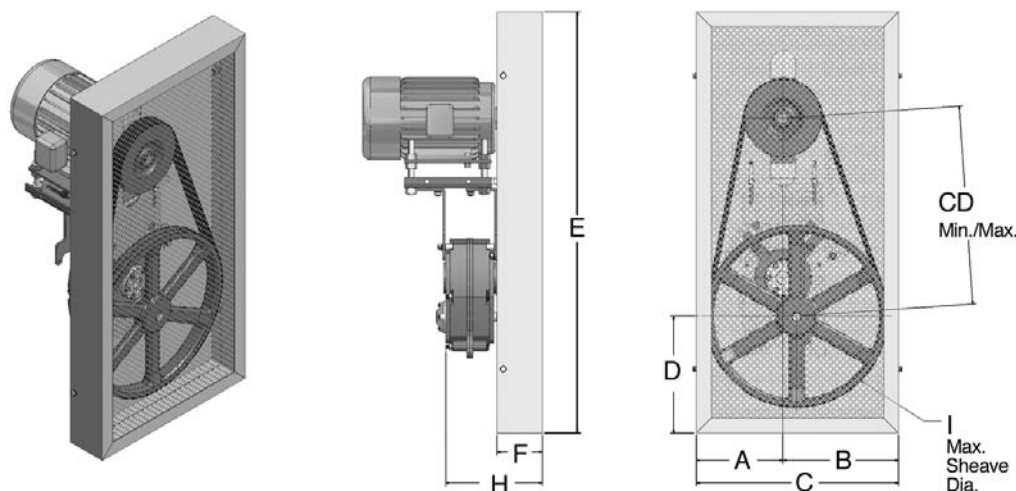
## Side Mount Reducer

Unit Size	107C	115D	203E	207F	215G	307H	315J	407S	415K
Belt Guard Part No.	116C6161	116D6161	116E6161	116F6161	116G6161	116H6161	116J6161	116S6161	116K6161
A	10.3	16.5	16.5	16.5	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
B	7.7	13.5	13.5	13.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
C	18.0	30.0	30.0	30.0	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7
D	9.7	13.2	13.1	12.9	15.3	15.0	14.8	14.3	13.6
E	40.0	48.0	48.0	48.0	56.0	56.0	56.0	56.0	65.0
F	5.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0
H	10.0	10.9	11.6	12.4	15.2	16.4	16.8	17.0	18.3
I Max <sup>[1]</sup>	14.0	23.0	23.0	23.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
CD MIN	15.3	16.5	18.5	20.0	22.0	22.3	24.0	25.0	34.5
CD MAX	19.0	21.3	23.0	24.8	29.3	29.5	32.3	33.3	44.0

Note: [1] The belt guard should be selected based on the maximum sheave diameter (I Max) that will be used in the application.

Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.  
Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.

# Dimensions Extended Belt Guards



## Top Mount Reducer, CEMA Screw Conveyor Extended Belt Guard

Unit Size	107C	115D	203E	207F	215G	307H	315J	407S
Belt Guard Part No.	116C6061-X	116D6061-X	116E6061-X	116F6061-X	116G6061-X	116H6061-X	116J6061-X	116S6061-X
A	8.5	11.3	11.3	11.3	13.2	13.2	12.2	12.2
B	8.5	14.2	14.2	14.2	16.8	16.8	17.8	17.8
C	17.0	25.5	25.5	25.5	30.0	30.0	30.0	30.0
D	7.8	13.9	13.1	12.5	19.4	18.8	17.5	14.9
E	41.3	53.0	53.0	53.0	68.4	68.4	68.4	68.4
F	5.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0
H	10.0	11.3	11.5	12.4	15.3	16.4	16.9	17.1
I Max <sup>[1]</sup>	13.0	23.0	23.0	23.0	27.0	27.0	27.0	27.0
CD MIN	24.6	25.1	26.4	26.9	31.6	32.3	33.4	36.1
CD MAX	29.6	31.1	32.4	32.9	40.1	40.8	42.9	45.6

## Side Mount Reducer, CEMA Screw Conveyor Extended Belt Guard

Unit Size	107C	115D	203E	207F	215G	307H	315J	407S
Belt Guard Part No.	116C6161-X	116D6161-X	116E6161-X	116F6161-X	116G6161-X	116H6161-X	116J6161-X	116S6161-X
AL	10.3	16.6	16.9	17.4	20.0	20.4	23.7	24.3
AR	7.7	13.4	13.1	12.6	15.0	14.6	17.3	16.6
BL	7.7	13.4	13.1	12.6	15.0	14.6	17.3	16.6
BR	10.3	16.6	16.9	17.4	20.0	20.4	23.7	24.3
C	18.0	30.0	30.0	30.0	35.0	35.0	40.9	40.9
DL	7.4	12.6	12.3	12.2	14.5	14.3	14.8	14.3
DR	9.4	15.2	15.2	15.6	18.5	18.7	19.7	20.2
E	40.0	48.0	48.0	48.0	58.3	58.3	60.2	60.2
F	5.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0
H	10.0	11.4	11.6	12.5	15.3	16.4	16.9	17.1
I Max <sup>[1]</sup>	13.0	23.0	23.0	23.0	27.0	27.0	27.0	27.0
CD <sup>L</sup> MIN	23.3	23.5	24.4	24.6	29.0	29.8	29.8	30.4
CD <sup>R</sup> MIN	21.3	21.1	21.5	21.2	25.1	25.5	25.0	24.6
CD <sup>L</sup> MAX	28.4	29.5	30.3	30.6	37.5	38.3	39.2	39.7
CD <sup>R</sup> MAX	26.4	27.0	27.4	27.2	33.6	33.9	34.4	33.9

Notes:

[1] The belt guard should be selected based on the maximum sheave diameter (I Max) that will be used in the application.

[L] Input Shaft on left side.

[R] Input Shaft on right side.

Dimensions shown are for reference only and are subject to change without notice, unless certified.  
Certified prints are available after receipt of an order; consult factory.

# Installation

## Gearbox Installation

Satisfactory performance depends on proper installation, lubrication and maintenance. Therefore it is important that the instructions in the Installation and Maintenance leaflet, supplied with each gearbox, are followed carefully. Some of the important aspects of belt and torque-arm installation are listed below.

Install pulley on gearbox input shaft as close to the reducer as

possible. See Fig 1. Failure to do this will cause excess loads in the input shaft bearings and could cause their premature failure.

Install motor and belt drive with the belt pull at approximately 90° to the center line between driven and input shafts. See Fig 2. This will permit tensioning of the belt drive with the torque arm, which should preferably be in tension. If output hubs runs counter-

clockwise, torque arm should be positioned to the right. See Fig 3. Install torque-arm on a rigid support so that the torque arm will be at approximately right angles to the center line through the driven shaft and the torque-arm case bolt. See Fig 4. Make sure there is sufficient take-up in the turn-buckle for belt tension adjustment.

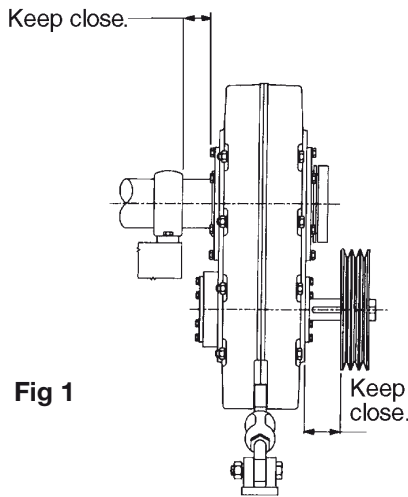


Fig 1

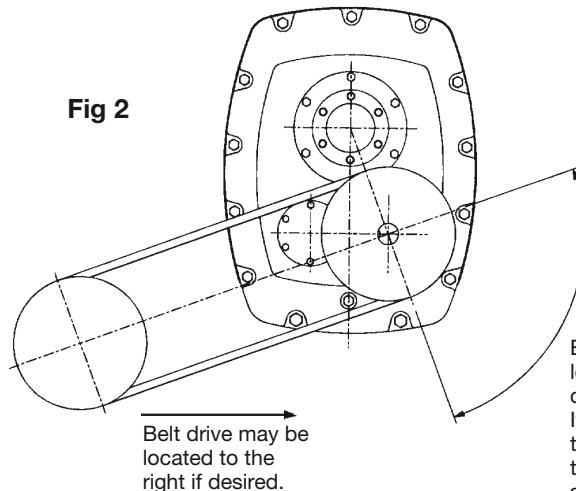


Fig 2

Belt drive may be located in any convenient position. If the Torque arm is to be used to tighten the belts, the drive should be at about 90° to line between the Input and Output Shafts.

If output hub rotates clockwise, position Belt drive and Torque arm in opposite direction to that shown in the illustration.

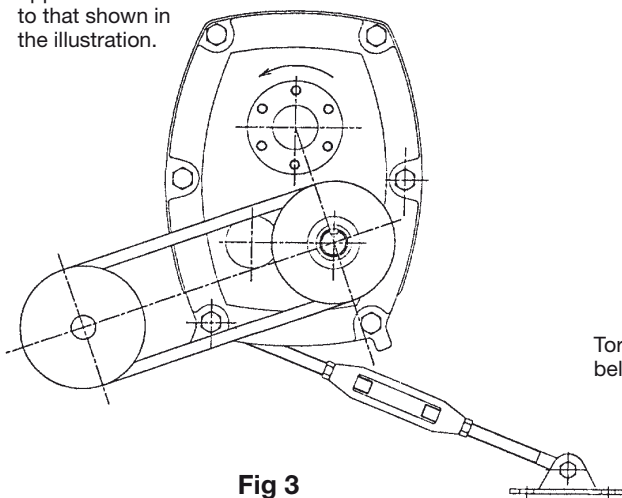
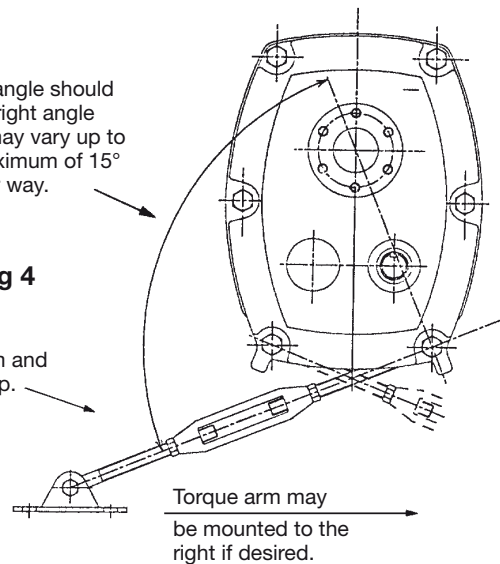


Fig 3

This angle should be a right angle but may vary up to a maximum of 15° either way.

Torque arm and belt take up.

Fig 4

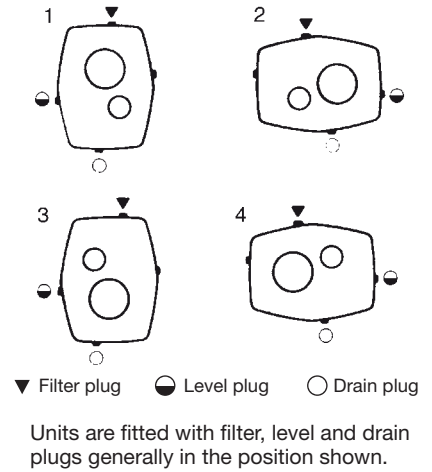


HSM Shaft Mount Speed Reducers are shipped **without oil**. Before running they should be filled with an appropriate amount of the correct lubricant as shown in the tables.

# Lubrication

**Table 4. Approximate Oil Quantity (gallons) Required for Mounting Positions**

Unit Size	Approximate Capacity (gallons)							
	Ratio = 5:1				Ratio = 14:1, 20:1 and 25:1			
	Mounting Position				Mounting Position			
	1	2	3	4	1	2	3	4
107C	0.13	0.13	0.13	0.16	0.11	0.16	0.13	0.16
115D	0.21	0.24	0.21	0.26	0.18	0.24	0.21	0.24
203E	0.32	0.45	0.37	0.48	0.26	0.48	0.37	0.42
207F	0.66	0.69	0.63	0.66	0.61	0.69	0.63	0.58
215G	0.87	0.85	0.85	0.87	0.79	0.85	0.85	0.85
307H	1.08	1.40	1.08	1.53	1.00	1.45	1.11	1.35
315J	1.51	2.27	1.56	2.27	1.43	2.25	1.56	2.19
407S	2.88	4.86	3.59	4.86	2.40	4.33	3.33	4.07
415K	4.02	5.73	6.66	5.47	3.36	5.73	4.15	5.07
507L	-	-	-	-	5.94	9.11	13.7	7.13
608M	-	-	-	-	9.51	13.2	20.9	11.9



## Recommended Lubricants

**Table 5. Mineral Oil**

	Ambient Temp. °F	5:1 RATIO REDUCERS				14, 20 & 25:1 RATIO REDUCERS						
		0-100 RPM	101-200 RPM	201-400 RPM		0-20 RPM	21-50 RPM	51-120 RPM		0-50 RPM	51-80 RPM	
		107C-407S	107C-407S	107C	115D-407S	107C-407S	107C-115D	203E-407S	107C-115D	203E-407S	415K-608M	
I.S.O. Viscosity Grade	14 to 40	100	100	100	68	150	150	150	100	100	100	100
	41 to 80	460	320	320	220	680	680	460	460	320	320	220
	81 to 105	800	680	680	460	800	800	800	680	460	460	320

**Table 6. Manufacturers and Types**

BP ENERGOL GR-XP	CASTROL ALPHAZN ORSP	MOBIL MOBILGEAR & SHC	SHELL OMALA	TEXACO MEROPA	EXXON SPARTAN
------------------------	----------------------------	-----------------------------	----------------	------------------	------------------

**Note:** Do not use E.P. mineral oils other than those recommended when using a backstop.

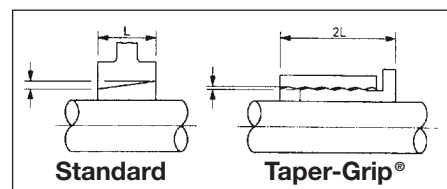
## Taper-Grip Bushing®

**Table 1. Taper-Grip® Bushing Screw Torques**

SM-Shaft Mount Size	Original Taper-Grip® Bushing Screw Torque		New STEEL Taper-Grip® Bushing Screw Torque	
	Nm	lb. ft.	Nm	lb. ft.
107C	31	23	50	37
115D	31	23	55	41
203E	51	37.5	75	56
207F	51	37.5	140	104
215G	128	94	250	185
307H	245	180	250	185
315J	245	180	250	185
407S	245	180	250	185
415K	245	180	300	223
507L	245	180	300	223
608M	245	180	330	223

**Table 2. Shaft Tolerances**

Shaft Dia.	Tolerance
3/4 - 1 1/8	+0 -.005"
1 3/16 - 2	+0 -.006"
2 1/16 - 3 1/8	+0 -.007"
3 3/16 - 4 3/4	+0 -.008"
4 13/16 - 6 1/2	+0 -.009"



## WORLDWIDE LOCATIONS

### Sumitomo Machinery Corporation of America

#### Headquarters & Manufacturing

4200 Holland Boulevard  
Chesapeake, VA 23323  
Tel: 757-485-3355 • Fax: 757-485-7490

www.smcyclo.com  
E-mail: [customercare@suminet.com](mailto:customercare@suminet.com)

#### U.S. Sales and Support

Mid-West  
Sumitomo Machinery Corporation of America  
175 West Lake Drive  
Glendale Heights, IL 60139  
Tel: 630-752-0200 • Fax: 630-752-0208

West  
Sumitomo Machinery Corporation of America  
2375 Railroad Street  
Corona, CA 92880-5411  
Tel: 951-340-4100 • Fax: 951-340-4108

Southwest  
Sumitomo Machinery Corporation of America  
1420 Halsey Way #130  
Carrollton, TX 75007  
Tel: 972-323-9600 • Fax: 972-323-9308

#### Canada

Toronto (East)  
SM-Cyclo of Canada, Ltd.  
870 Equestrian Court  
Oakville, Ontario, Canada L6L 6L7  
Tel: 905-469-1050 • Fax: 905-469-1055

Vancouver (West)  
SM-Cyclo of Canada, Ltd.  
740 Chester Road, Annacis Island, Delta  
B.C., Canada V3M 6J1  
Tel: 604-525-5403 • Fax: 604-525-0879

Montreal  
SM-Cyclo of Canada, Ltd.  
226 Mignerons Street  
St. Laurent, Quebec, Canada H4T 1Y7  
Tel: 514-340-1300 • Fax: 514-340-1343

#### World Headquarters

Japan  
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.  
Power Transmission & Controls Group  
5-9-11, KITA-Shinagawa, Shinagawa-Ku  
Tokyo 141-8686 Japan  
Tel: 011-813-5488-8363 • Fax: 011-813-5488-8365

For Worldwide contact information:  
[www.sumitomodrive.com](http://www.sumitomodrive.com)

Sumitomo Machinery Corporation of America



#### Mexico

Monterrey  
SM-Cyclo de Mexico, S.A. de C.V.  
Calle "C" No. 506A  
Parque Industrial Almacentro  
Apodaca, N.L., Mexico 66600  
Tel: 011-52-81-8144-5130 • Fax: 011-52-81-8369-3699

Mexico City  
SM-Cyclo de Mexico, S.A. de C.V.  
Privada Ceylan No. 59-B Bis  
Colonia Industrial Vallejo  
Delegacion Azcapotzalco, DF Mexico 2300  
Tel: 011-52-55-5368-7172 • Fax: 011-52-55-5368-6699

#### South America

Brazil  
SM-Cyclo Redutores do Brasil Ltda.  
Av. Fagundes Filho, 191  
Ed. Houston Office Center - cj. H123  
CEP: 04304-010 - São Paulo, Brazil  
Tel: 011-55-11-5585-3600 • Fax: 011-55-11-5585-9990

Chile  
SM-Cyclo de Chile Ltda.  
San Pablo N. 3507  
Comuna de Quinta Normal - Santiago, Chile  
Tel: 011-562-786-6963 • Fax: 011-562-786-6964

Argentina  
SM-Cyclo de Argentina SA  
Manuel Montes de Oca 6719  
B1606 BMG, Munro  
Buenos Aires, Argentina  
Tel: 011-54-11-4765-5332 • Fax: 011-54-11-4765-5517

#### Europe

Austria  
Belgium  
France  
Germany  
Italy  
Netherlands  
Spain  
Sweden

#### Asia

China  
Hong Kong  
Indonesia  
Korea  
Malaysia  
Philippines  
Taiwan  
Thailand

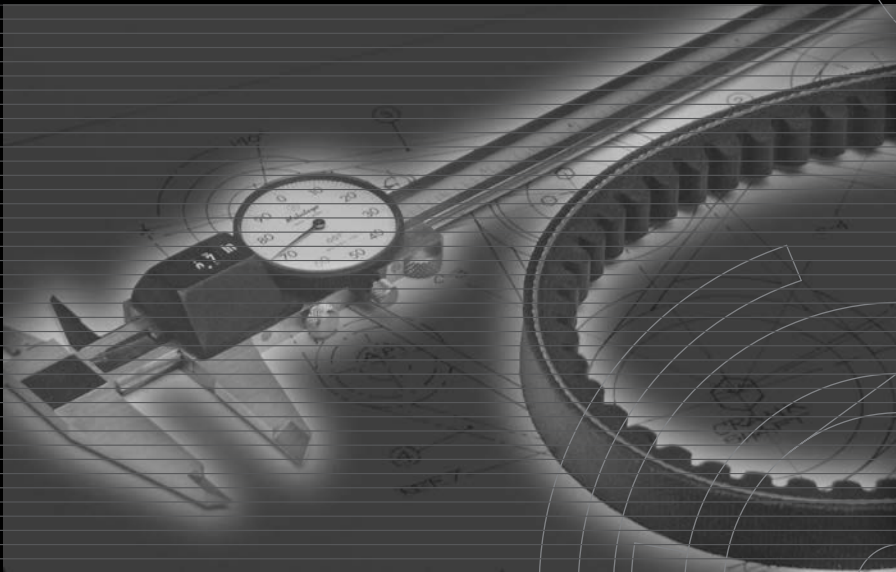
#### Other Locations

Australia  
India  
New Zealand  
South Africa

**BANDO**

**DOING MORE**

# *V-Belt Design Manual*



[www.bandousa.com](http://www.bandousa.com)

# Table of Contents

Useful Formulas .....	2
<b>Power Ace / Power Ace Cog / Power Ace Combo Drive Selection .....</b>	<b>3</b>
Service Factors .....	3
Belt Selection Chart .....	4
Standard Sheave Outside Diameters .....	5
Coefficient of Arc of Contact .....	6
Coefficient of Belt Length .....	6
Minimum Center Distance Allowances	
for Belt Installation and Take Up .....	7
Hp ratings for 3V .....	8
Transmission Speed Ratio Adder 3V .....	9
Hp ratings for 5V .....	10
Transmission Speed Ratio Adder 5V .....	11
Hp ratings for 8V .....	12
Transmission Speed Ratio Adder 8V .....	13
Hp ratings for 3VX .....	14
Transmission Speed Ratio Adder 3VX .....	15
Hp ratings for 5VX .....	16
Transmission Speed Ratio Adder 5VX .....	17
<b>Power King / Power King Cog / Power King Combo Drive Selection .....</b>	<b>18</b>
Belt Selection Chart .....	18
Standard Sheave Datum Diameters .....	19
Coefficient of Arc of Contact .....	20
Coefficient of Belt Length .....	20
Minimum Center Distance Allowances	
for Belt Installation and Take Up .....	21
Hp ratings for A Section .....	22
Transmission Speed Ratio Adder A Section .....	23
Hp ratings for B Section .....	24
Transmission Speed Ratio Adder B Section .....	25
Hp ratings for C Section .....	26
Transmission Speed Ratio Adder C Section .....	27
Hp ratings for D Section .....	28
Transmission Speed Ratio Adder D Section .....	29
Hp ratings for E Section .....	30
Transmission Speed Ratio Adder E Section .....	31
Hp ratings for AX .....	32
Transmission Speed Ratio Adder AX .....	33
Hp ratings for BX .....	34
Transmission Speed Ratio Adder BX .....	35
Hp ratings for CX .....	36
Transmission Speed Ratio Adder CX .....	37

This manual is intended for standard two sheave applications. For non-standard applications, such as quarter turn drives, drives utilizing idlers, V-flat, etc., contact Bando.

## Useful Formulas

Required	Formula	Note
Design Power	$P_D = P_M \times F_S$	$P_D$ : Design horsepower (HP) $P_M$ : Motor or normal running power (HP) $F_S$ : Service Factor
Belt Pitch Length	$L = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$	$L$ : Belt pitch length (inches) $C$ : Center distance (inches) $D$ : Large sheave pitch diameter (inches) $d$ : Small sheave pitch diameter (inches)
Center Distance	$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D - d)^2}}{8}$ $b = 2L - \pi(D + d)$	$C$ : Center distance (inches) $D$ : Large sheave pitch diameter (inches) $d$ : Small sheave pitch diameter (inches) $L$ : Belt pitch length (inches)
Arc of Contact	$\theta = 180^\circ - \frac{57.3(D - d)}{C}$	$\theta$ : Arc of Contact ( $^\circ$ ) $D$ : Large sheave pitch diameter (inches) $d$ : Small sheave pitch diameter (inches) $C$ : Center distance (inches)
Belt Speed	$V = \frac{d \times n}{3.82}$	$V$ : Belt speed (feet per minute) $d$ : Small sheave pitch diameter (inches) $n$ : RPM of small sheave
Power	$HP = \frac{Tq \times n}{63,025}$	$HP$ : Horsepower (HP) $Tq$ : Torque (pounds-inches) $n$ : RPM of small sheave
Power	$HP = \frac{Pe \times V}{33,000}$	$HP$ : Horsepower (HP) $Pe$ : Effective pull (pounds) $V$ : Belt speed (feet per minute)
Torque	$Tq = Pe \times \frac{d}{2}$	$Tq$ : Torque (pounds-inches) $Pe$ : Effective pull (pounds) $d$ : Small sheave pitch diameter (inches)
Effective Pull	$Pe = \frac{Tq}{d/2}$	$Pe$ : Effective pull (pounds) $Tq$ : Torque (pounds-inches) $d$ : Small sheave pitch diameter (inches)
Effective Pull	$Pe = \frac{33,000 \times HP}{V} = T_1 - T_2$	$Pe$ : Effective pull (pounds) $HP$ : Horsepower (HP) $V$ : Belt speed (feet per minute) $T_1$ : Tight side tension (pounds) $T_2$ : Slack side tension (pounds)
Tension Ratio	$T_1 / T_2 = \frac{1}{1 - 0.8F_A} = e^{k\theta}$	$T_1$ : Tight side tension (pounds) $T_2$ : Slack side tension (pounds) $F_A$ : Arc of Contact correction factor $e$ : Base of natural logarithms (2.71828) $k$ : A constant for V-belt design (0.5123) $\theta$ : Arc of Contact ( $^\circ$ )
Tight Side Tension	$T_1 = \frac{41,250 \times HP}{F_A \times V}$	$T_1$ : Tight side tension (pounds) $HP$ : Horsepower (HP) $F_A$ : Arc of Contact correction factor $V$ : Belt speed (feet per minute)
Slack Side Tension	$T_2 = \frac{33,000(1.25 - F_A) \times HP}{F_A \times V}$	$T_2$ : Slack side tension (pounds) $F_A$ : Arc of Contact correction factor $HP$ : Horsepower (HP) $V$ : Belt speed (feet per minute)
Flywheel Effect (Torque)	$Tq = \frac{WR^2}{25.59} \times \frac{(n_2 - n_1)}{t}$	$Tq$ : Torque (pounds-inches) $W$ : Weight of rim (pounds) $R$ : Mean radius of sheave (feet) $n_2$ : Final revolution (rpm) $n_1$ : Initial revolution (rpm) $t$ : Time required to effect speed change (seconds)



# POWER ACE DRIVE SELECTION

## Procedure 1: Calculation of Design Horsepower

Calculate the design horsepower from the following equation.

$$\text{Design Horsepower} = \text{Transmission Horsepower} \times \text{Service Factor}$$

Refer to the DriveN Machines listed in Table 1 and select the corresponding service factor.

### POWER ACE AND POWER KING TYPICAL SERVICE FACTORS

Table 1

DriveN Machine	DriveR					
The machines listed below are representative samples only. Select the group listed below whose load characteristics most closely approximate those of the machine being considered.	<b>AC Motors:</b> Normal Torque, Squirrel Cage, Synchronous, Split Phase <b>DC Motors:</b> Shunt Wound <b>Engines:</b> Multiple Cylinder Internal Combustion			<b>AC Motors:</b> High Torque, High Slip, Repulsion-Induction, Single Phase, Series Wound, Slip Ring <b>DC Motors:</b> Series Wound, Compound Wound <b>Engines:</b> Single Cylinder Internal Combustion <b>Line Shafts:</b> Clutches		
	Intermittent Service 3-5 Hours Daily or Seasonal	Normal Service 8-10 Hours Daily	Continuous Service 16-24 Hours Daily	Intermittent Service 3-5 Hours Daily or Seasonal	Normal Service 8-10 Hours Daily	Continuous Service 16-24 Hours Daily
Agitators for Liquids Blowers and Exhausters Centrifugal Pumps & Compressors Fans Up to 10 Horsepower Light Duty Conveyors	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Belt Conveyors for Sand, Grain, Etc. Dough Mixers Fans-Over 10 Horsepower Generators Line Shafts Laundry Machinery Machine Tools Punches-Presses-Shears Printing Machinery Positive Displacement Rotary Pumps Revolving and Vibrating Screens	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Brick Machinery Bucket Elevators Exciters Piston Compressors Pulverizers Saw Mill and Woodworking Machinery Textile Machinery Conveyors (Drag-Pan-Screw)	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Crushers (Gyratory-Jaw-Roll) Mills (Ball-Rod-Tube) Hoists Rubber Calender-Extruders-Mills	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Chokable Equipment	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

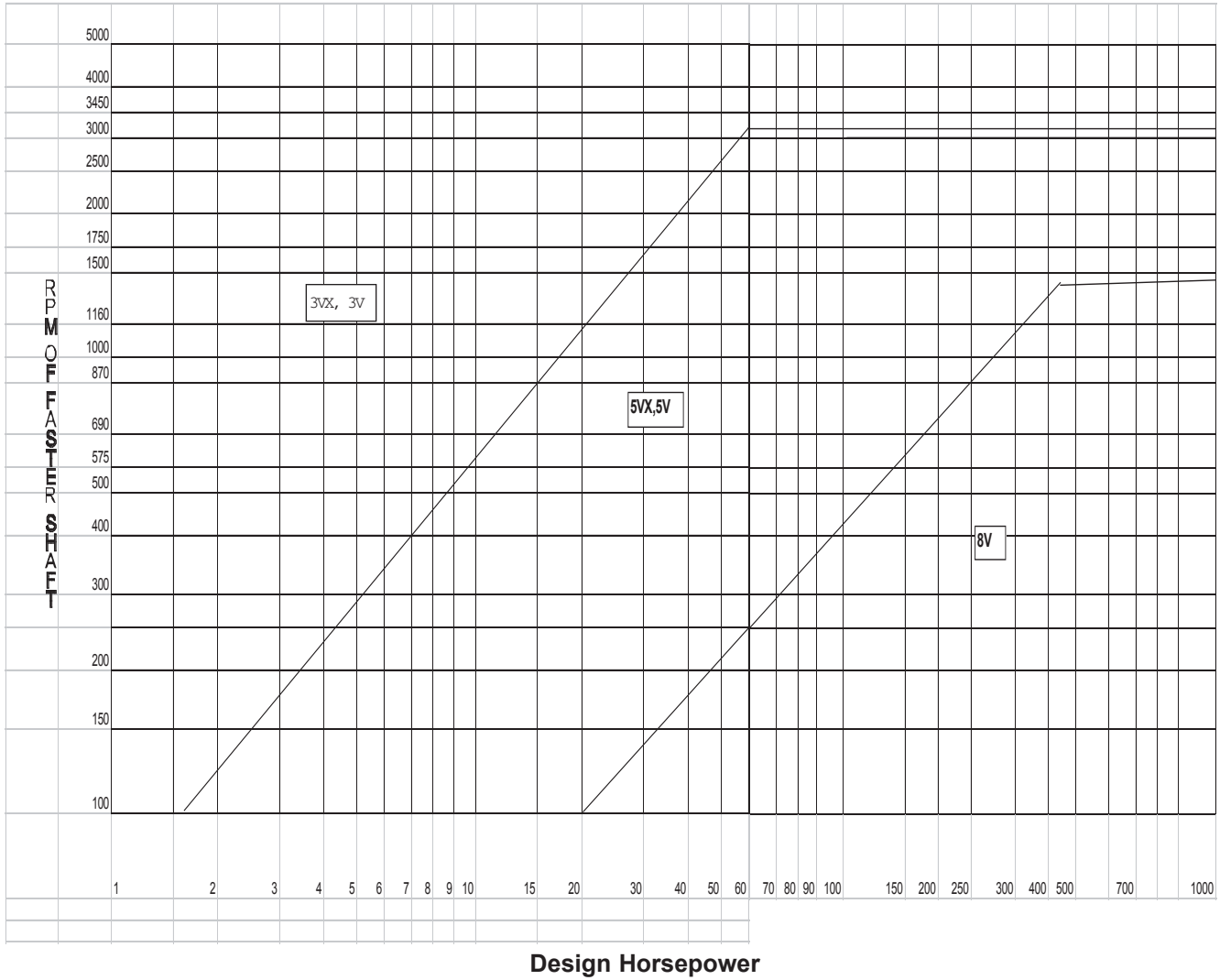
# POWER ACE DRIVE SELECTION

## Procedure 2: Selection of Belt Section

From Figure 1, select the belt section according to the design horsepower computed using Procedure 1 and the faster sheave's rpm.

**BELT SELECTION CHART**

**Fig. 1**



**Procedure 3: Calculation of Speed Ratio**

Determine the speed ratio from either of the following equations.

$$\text{Speed Ratio} = \frac{\text{Faster Sheave's rpm}}{\text{Slower Sheave's rpm}}$$

or

$$\text{Speed Ratio} = \frac{\text{Large Sheave's Outer Diameter}}{\text{Small Sheave's Outer Diameter}}$$

**Procedure 4: Selection of Sheave Combination**

Using table 2 below and the speed ratio, determine the sheave combination. Choose one of the sheaves, preferably the faster, from table 2 and calculate the outer diameter of the other sheave using the speed ratio. Belt speeds in excess of 6500 rpm require special sheaves. Consult the sheave manufacturer.

**Procedure 5: Selection of Belt Size**

Using the given center distance and the size of the large and small sheaves selected, calculate the belt length. For this purpose the following equation is used.

$$\text{Belt Size} = 2C + 1.57(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

- C = Center Distance
- D = Outer Diameter of Large Sheave
- d = Outer Diameter of Small Sheave

The following procedure applies to Power Ace, Power Ace Combo, Power Ace Cog and Power Ace Cog Combo.

**Example:** Customer needs a V-belt drive for an agitator that is in operation continuously.  
 Driving Motor: 5 Hp @ 900 RPM, Outer Datum Diameter 3.0"  
 DriveN Sheave: 250 RPM  
 Center Distance: 32"

Design HP = Transmission HP x Service Factor  
 Design HP = 5 X 1.2 (from Table 1) = 6

The belt section according to design horsepower and Fig. 1-> 3V

A 3.6:1 ratio is needed as per the formula below.

$$\text{Speed ratio} = \frac{900}{250} = 3.6:1 \text{ ratio}$$

Select a 3.0" drive sheave and a 10.6" driveN sheave, or any desired combination that achieves 3.6:1 ratio from Table 2.

If your center distance is known to be 32 inches then:

$$\text{Belt Size} = 2(32) + 1.57(10.6+3) + \frac{(10.6-3)^2}{4(32)} = 85.8"$$

Select nearest available belt size from the catalog. The 3V850 has the closest datum length and should be used in this circumstance.

**STANDARD SHEAVE OUTER DIAMETERS**

**Table 2**

3V/3V COMBO	3VX/3VX COMBO	5V/5V COMBO	5VX/5VX COMBO	8V/8V COMBO
2.65	2.20	7.1	4.4	12.5
2.80	2.35	7.5	4.6	13.2
3.00	2.50	8.0	4.9	14.0
3.15	2.65	8.5	5.2	15.0
3.35	2.80	9.0	5.5	16.0
3.65	3.00	9.25	5.9	17.0
4.12	3.15	9.75	6.3	18.0
4.50	3.35	10.3	6.7	19.0
4.75	3.65	10.9	7.1	20.0
5.0	4.12	11.8	7.5	21.2
5.3	4.50	12.5	8.0	22.4
5.6	4.75	13.2	8.5	30.0
6.0	5.0	14.0	9.0	35.5
6.5	5.3	15.0	9.25	40.0
6.9	5.6	16.0	9.75	44.5
8.0	6.0	18.7	10.3	53.0
10.6	6.5	21.2	10.9	71.0
14.0	6.9	23.6	11.8	
19.0	8.0	28.0	12.5	
25.0	10.6	31.5	13.2	
33.5	14.0	37.5	14.0	
	19.0	50.0	15.0	
	25.0	67.0	16.0	
	33.5		18.7	
			21.2	
			23.6	
			28.0	
			31.5	
			37.5	
			50.0	

# POWER ACE DRIVE SELECTION

## Procedure 6: Calculation of Standard Transmission HP

$$\text{Standard Transmission} = \text{Base HP ratings} + \text{Speed Ratio Adder}$$

Refer to Table 3 to determine the appropriate page # to determine Base HP Ratings and Speed Ratio Adder.

	Page	Table
3V HP Ratings	8	7
3V Speed Ratio Adder	9	8
5V HP Ratings	10	9
5V Speed Ratio Adder	11	10
8V HP Ratings	12	11
8V Speed Ratio Adder	13	12
3VX HP Ratings	14	13
3VX Speed Ratio Adder	15	14
5VX HP Ratings	16	15
5VX Speed Ratio Adder	17	16

Table 3

## Procedure 7: Determine the Coefficient of Arc of Contact

To determine the coefficient of Arc of Contact, use the formula  $(D-d)/C$  and find the corresponding correction factor from Table 4 below.

## Procedure 8: Calculation of the Number of Belts

Calculate the number of belts from the next equation.

$$\text{Number of Belts} = \frac{\text{Design HP}}{\text{Standard Transmission HP} \times \text{Coefficient of Arc of Contact} \times \frac{\text{Coefficient of Belt Length}}{\text{Belt Length}}}$$

(see Table 4) (see Table 5)

### COEFFICIENT OF ARC OF CONTACT

Table 4

(D-d)/C	Arc of Contact on Small Sheave (Degrees)	Correction Factor
0.00	180	1.00
0.10	174	0.99
0.20	169	0.97
0.30	163	0.96
0.40	157	0.94
0.50	151	0.93
0.60	145	0.91
0.70	139	0.89
0.80	133	0.87
0.90	127	0.85
1.00	120	0.82
1.10	113	0.80
1.20	106	0.77
1.30	99	0.73
1.40	91	0.70
1.50	83	0.65

C = Center Distance  
D = Outer Diameter of Large Sheave  
d = Outer Diameter of Small Sheave

### COEFFICIENT OF BELT LENGTH

Table 5

3V,3VX			5V,5VX			8V	
V-Belt Number	V-Belt Number	Correction Factor	V-Belt Number	V-Belt Number	Correction Factor	V-Belt Number	Correction Factor
3V250	3VX250	0.83	5V500	5VX500	0.86	8V1000	0.87
3V265	3VX265	0.84	5V530	5VX530	0.86	8V1060	0.88
3V280	3VX280	0.85	5V560	5VX560	0.87	8V1120	0.88
3V300	3VX300	0.86	5V600	5VX600	0.88	8V1180	0.89
3V315	3VX315	0.87	5V630	5VX630	0.89	8V1250	0.90
3V335	3VX335	0.88	5V670	5VX670	0.90	8V1320	0.91
3V355	3VX355	0.89	5V710	5VX710	0.91	8V1400	0.92
3V375	3VX375	0.90	5V750	5VX750	0.92	8V1500	0.93
3V400	3VX400	0.92	5V800	5VX800	0.93	8V1600	0.94
3V425	3VX425	0.93	5V850	5VX850	0.94	8V1700	0.94
3V450	3VX450	0.94	5V900	5VX900	0.95	8V1800	0.95
3V475	3VX475	0.95	5V950	5VX950	0.96	8V1900	0.96
3V500	3VX500	0.96	5V1000	5VX1000	0.96	8V2000	0.97
3V530	3VX530	0.97	5V1060	5VX1060	0.97	8V2120	0.98
3V560	3VX560	0.98	5V1120	5VX1120	0.98	8V2240	0.98
3V600	3VX600	0.99	5V1180	5VX1180	0.99	8V2360	0.99
3V630	3VX630	1.00	5V1250	5VX1250	1.00	8V2500	1.00
3V670	3VX670	1.01	5V1320	5VX1320	1.01	8V2650	1.01
3V710	3VX710	1.02	5V1400	5VX1400	1.02	8V2800	1.02
3V750	3VX750	1.03	5V1500	5VX1500	1.03	8V3000	1.03
3V800	3VX800	1.04	5V1600	5VX1600	1.04	8V3150	1.03
3V850	3VX850	1.06	5V1700	5VX1700	1.05	8V3350	1.04
3V900	3VX900	1.07	5V1800	5VX1800	1.06	8V3550	1.05
3V950	3VX950	1.08	5V1900	5VX1900	1.07	8V3750	1.06
3V1000	3VX1000	1.09	5V2000	5VX2000	1.08	8V4000	1.07
3V1060	3VX1060	1.10	5V2120	5VX2120	1.09	8V4250	1.08
3V1120	3VX1120	1.11	5V2240	5VX2240	1.09	8V4500	1.09
3V1180	3VX1180	1.12	5V2360	5VX2360	1.10	8V4750	1.09
3V1250	3VX1250	1.13	5V2500	5VX2500	1.11	8V5000	1.10
3V1320	3VX1320	1.14	5V2650	5VX2650	1.12	8V5600	1.12
3V1400	3VX1400	1.15	5V2800	5VX2800	1.13		
			5V3000	5VX3000	1.14		
			5V3150	5VX3150	1.15		
			5V3350	5VX3350	1.16		
			5V3550	5VX3550	1.17		

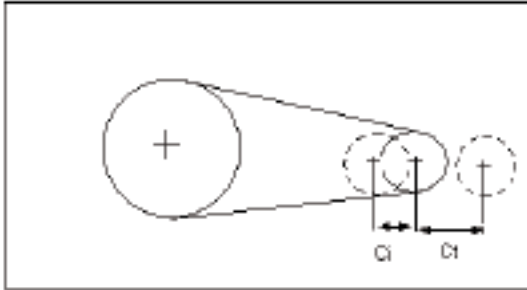


# POWER ACE DRIVE SELECTION

## Procedure 8: Check the Center Distance Adjustment

Determine the minimum center distance allowance for installation and tensioning from Table 6.

Fig. 2



**Example cont.**

Determine the Base HP rating and speed ratio adder from the HP ratings charts. Table 3 provides the appropriate page # and table # for the HP ratings charts.

For a 3V belt running on 3.0" diameter sheave @ 900 RPM.

Standard Transmission HP = Base HP ratings + Speed Ratio Adder  
 Standard Transmission = 1.34 (Table 7) + .20 (Table 8) = 1.54

$$\# \text{ of Belts} = \frac{\text{Design HP}}{\text{Standard Transmission HP} \times \text{Coefficient of Arc of Contact} \times \text{Coefficient of Belt Length}} = \frac{6}{(1.54 \times 0.97 \times 1.06)} = 3.8 \sim 4$$

(see Table 4)                      (see Table 5)

Therefore, 4-3V850 belts are to be used in this drive.

**MINIMUM CENTER DISTANCE ALLOWANCES FOR BELT INSTALLATION AND TAKE-UP Table 6**

V-Belt Length	-Ci- Minimum Center Distance Allowance For Installation (Inches)						-Ct- Minimum Center Distance Allowance for Initial Tensioning and Subsequent Take-Up (Inches)
	3V, 3VX		5V,5VX		8V		All Cross Sections
	Power Ace/Cog	Power Ace/Cog Combo	Power Ace/Cog	Power Ace/Cog Combo	Power Ace	Power Ace Combo	All Types
250 Thru 475	0.5	1.2	-	-	-	-	1.0
500 Thru 710	0.8	1.4	1.0	2.1	-	-	1.2
750 Thru 1060	0.8	1.4	1.0	2.1	1.5	3.4	1.5
1120 Thru 1250	0.8	1.4	1.0	2.1	1.5	3.4	1.8
1320 Thru 1700	0.8	1.4	1.0	2.1	1.5	3.4	2.2
1800 Thru 2000	-	-	1.0	2.1	1.8	3.6	2.5
2120 Thru 2240	-	-	1.2	2.4	1.8	3.6	2.8
2360	-	-	1.2	2.4	1.8	3.6	3.0
2500 Thru 2650	-	-	1.2	2.4	1.8	3.6	3.2
2800 Thru 3000	-	-	1.2	2.4	1.8	3.6	3.5
3150	-	-	1.2	2.4	1.8	3.6	3.5
3350 Thru 3550	-	-	1.2	2.4	2.0	3.9	4.0
3750	-	-	-	-	2.0	3.9	4.5
4000 Thru 5000	-	-	-	-	2.0	3.9	5.5
5600	-	-	-	-	2.0	3.9	6.0



HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)

Table 8

RPM	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	3.39+
485	0.00	0.01	0.03	0.04	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.11
575	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13
690	0.00	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16
725	0.00	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17
870	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.13	0.16	0.17	0.19	0.20
950	0.00	0.01	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23
1160	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15	0.17	0.21	0.23	0.25	0.27
1425	0.00	0.03	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31	0.34
1750	0.00	0.04	0.09	0.16	0.21	0.27	0.31	0.35	0.39	0.40
2850	0.00	0.05	0.15	0.27	0.36	0.44	0.51	0.58	0.63	0.67
3450	0.00	0.07	0.19	0.32	0.44	0.52	0.62	0.70	0.76	0.80
100	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03
200	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
300	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.07
400	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09
500	0.00	0.01	0.03	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12
600	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13
700	0.00	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.15	0.15	0.16
800	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.12	0.15	0.16	0.17	0.19
900	0.00	0.01	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21
1000	0.00	0.01	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.20	0.21	0.23
1100	0.00	0.03	0.05	0.11	0.13	0.17	0.20	0.23	0.24	0.25
1200	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15	0.19	0.21	0.24	0.27	0.28
1300	0.00	0.03	0.07	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.28	0.31
1400	0.00	0.03	0.07	0.13	0.16	0.21	0.25	0.28	0.31	0.32
1500	0.00	0.03	0.08	0.13	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.35
1600	0.00	0.03	0.08	0.15	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35	0.38
1700	0.00	0.03	0.09	0.16	0.21	0.25	0.31	0.35	0.38	0.40
1800	0.00	0.04	0.09	0.16	0.23	0.28	0.32	0.36	0.40	0.42
1900	0.00	0.04	0.11	0.17	0.24	0.29	0.34	0.39	0.42	0.44
2000	0.00	0.04	0.11	0.19	0.25	0.31	0.36	0.40	0.44	0.47
2100	0.00	0.04	0.11	0.20	0.27	0.32	0.38	0.43	0.46	0.48
2200	0.00	0.04	0.12	0.20	0.28	0.34	0.39	0.44	0.48	0.51
2300	0.00	0.04	0.12	0.21	0.29	0.35	0.42	0.47	0.51	0.54
2400	0.00	0.04	0.13	0.23	0.31	0.36	0.43	0.48	0.52	0.56
2500	0.00	0.05	0.13	0.23	0.32	0.39	0.44	0.51	0.55	0.58
2600	0.00	0.05	0.13	0.24	0.34	0.40	0.47	0.52	0.58	0.60
2700	0.00	0.05	0.15	0.25	0.34	0.42	0.48	0.55	0.59	0.63
2800	0.00	0.05	0.15	0.25	0.35	0.43	0.50	0.56	0.62	0.66
2900	0.00	0.05	0.16	0.27	0.36	0.44	0.52	0.59	0.64	0.67
3000	0.00	0.05	0.16	0.28	0.38	0.46	0.54	0.60	0.66	0.70
3100	0.00	0.07	0.16	0.28	0.39	0.47	0.55	0.63	0.68	0.72
3200	0.00	0.07	0.17	0.29	0.40	0.50	0.58	0.64	0.70	0.75
3300	0.00	0.07	0.17	0.31	0.42	0.51	0.59	0.67	0.72	0.76
3400	0.00	0.07	0.19	0.32	0.43	0.52	0.60	0.68	0.75	0.79
3500	0.00	0.07	0.19	0.32	0.44	0.54	0.63	0.71	0.76	0.82
3600	0.00	0.07	0.19	0.34	0.46	0.55	0.64	0.72	0.79	0.84
3700	0.00	0.07	0.20	0.35	0.47	0.56	0.66	0.75	0.82	0.86
3800	0.00	0.08	0.20	0.35	0.48	0.58	0.68	0.76	0.83	0.88
3900	0.00	0.08	0.20	0.36	0.50	0.60	0.70	0.79	0.86	0.91
4000	0.00	0.08	0.21	0.38	0.51	0.62	0.72	0.80	0.88	0.92
4100	0.00	0.08	0.21	0.38	0.52	0.63	0.74	0.83	0.90	0.95
4200	0.00	0.08	0.23	0.39	0.54	0.64	0.75	0.84	0.92	0.98
4300	0.00	0.08	0.23	0.40	0.55	0.66	0.78	0.87	0.95	1.01
4400	0.00	0.08	0.23	0.40	0.55	0.67	0.79	0.88	0.97	1.02
4500	0.00	0.09	0.24	0.42	0.56	0.68	0.80	0.91	0.99	1.05
4600	0.00	0.09	0.24	0.43	0.58	0.71	0.83	0.92	1.01	1.07
4700	0.00	0.09	0.25	0.44	0.59	0.72	0.84	0.95	1.03	1.10
4800	0.00	0.09	0.25	0.44	0.60	0.74	0.86	0.97	1.06	1.11
4900	0.00	0.09	0.25	0.46	0.62	0.75	0.88	0.99	1.07	1.14
5000	0.00	0.09	0.27	0.47	0.63	0.76	0.90	1.01	1.10	1.17

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)

Table 9

RPM	7.1	7.5	8.0	8.5	9.0	9.25	9.75	10.3	10.9	11.8	12.5	13.2	14.0	15.0	16.0
485	6.38	7.00	7.72	8.49	9.25	9.76	10.54	11.30	12.29	13.52	14.61	15.73	16.85	18.31	19.71
575	7.20	7.93	8.77	9.67	10.55	11.14	12.06	12.95	14.10	15.51	16.79	18.10	19.39	21.06	22.68
690	8.41	9.27	10.26	11.32	12.35	13.05	14.13	15.17	16.52	18.17	19.66	21.18	22.68	24.62	26.49
725	8.77	9.68	10.70	11.79	12.90	13.61	14.74	15.84	17.23	18.95	20.51	22.09	23.65	25.67	27.61
870	10.22	11.28	12.49	13.77	15.06	15.89	17.21	18.48	20.11	22.12	23.90	25.71	27.51	29.81	32.03
950	11.00	12.14	13.44	14.83	16.21	17.11	18.52	19.90	21.63	23.79	25.68	27.61	29.53	31.97	34.31
1160	12.93	14.29	15.83	17.46	19.08	20.14	21.79	23.39	25.40	27.94	30.06	32.21	34.39	37.11	39.71
1425	15.19	16.79	18.59	20.50	22.39	23.62	25.51	27.35	29.62	32.59	34.87	37.22	39.57	42.44	45.18
1750	17.66	19.52	21.60	23.79	25.95	27.32	29.43	31.48	33.94	37.34	39.55	41.81	44.22	46.93	49.49
2850	23.25	25.54	28.06	30.58	32.91	34.14	36.05	37.96							
3450	24.11	26.29	28.63	30.80											
50	0.83	0.90	0.99	1.08	1.18	1.24	1.33	1.43	1.55	1.71	1.84	1.97	2.11	2.28	2.47
60	0.98	1.06	1.17	1.28	1.40	1.45	1.58	1.69	1.83	2.01	2.16	2.33	2.50	2.71	2.91
70	1.11	1.22	1.35	1.47	1.60	1.68	1.81	1.94	2.11	2.32	2.50	2.68	2.87	3.12	3.36
80	1.26	1.38	1.51	1.67	1.81	1.90	2.04	2.20	2.39	2.62	2.82	3.04	3.25	3.53	3.80
90	1.41	1.53	1.69	1.84	2.01	2.11	2.28	2.44	2.65	2.92	3.15	3.38	3.63	3.94	4.24
100	1.54	1.69	1.85	2.03	2.22	2.32	2.51	2.68	2.92	3.21	3.46	3.73	3.99	4.34	4.67
150	2.22	2.43	2.67	2.94	3.19	3.36	3.63	3.88	4.23	4.65	5.01	5.41	5.79	6.29	6.78
200	2.86	3.13	3.46	3.80	4.13	4.35	4.70	5.04	5.49	6.04	6.53	7.02	7.53	8.19	8.81
250	3.48	3.82	4.21	4.63	5.05	5.32	5.75	6.16	6.71	7.38	7.99	8.61	9.22	10.03	10.80
300	4.10	4.49	4.96	5.45	5.94	6.26	6.77	7.27	7.91	8.70	9.42	10.14	10.88	11.83	12.73
350	4.69	5.15	5.68	6.25	6.81	7.19	7.77	8.35	9.08	9.99	10.81	11.66	12.49	13.59	14.64
400	5.26	5.78	6.39	7.03	7.67	8.09	8.75	9.40	10.23	11.26	12.19	13.13	14.07	15.31	16.49
450	5.83	6.41	7.08	7.79	8.51	8.98	9.72	10.44	11.36	12.50	13.52	14.58	15.63	16.99	18.30
500	6.38	7.03	7.76	8.56	9.34	9.85	10.66	11.45	12.47	13.72	14.85	16.01	17.15	18.64	20.09
550	6.93	7.63	8.43	9.30	10.15	10.72	11.59	12.46	13.56	14.92	16.15	17.41	18.65	20.27	21.82
600	7.47	8.23	9.10	10.02	10.94	11.56	12.51	13.45	14.63	16.10	17.43	18.77	20.11	21.85	23.52
650	7.99	8.82	9.75	10.74	11.74	12.40	13.41	14.41	15.69	17.26	18.67	20.12	21.55	23.41	25.20
700	8.51	9.38	10.38	11.45	12.52	13.21	14.30	15.36	16.73	18.40	19.90	21.44	22.96	24.92	26.82
750	9.03	9.96	11.02	12.15	13.27	14.01	15.18	16.29	17.75	19.52	21.10	22.72	24.33	26.41	28.40
800	9.54	10.51	11.63	12.83	14.02	14.81	16.03	17.22	18.74	20.62	22.29	23.99	25.67	27.85	29.94
850	10.03	11.06	12.24	13.51	14.76	15.59	16.88	18.13	19.72	21.69	23.44	25.22	26.99	29.26	31.43
900	10.52	11.60	12.84	14.17	15.49	16.36	17.71	19.02	20.69	22.76	24.58	26.42	28.28	30.63	32.89
950	11.00	12.14	13.44	14.83	16.21	17.11	18.52	19.90	21.63	23.79	25.68	27.61	29.53	31.97	34.31
1000	11.47	12.66	14.01	15.47	16.91	17.86	19.32	20.75	22.56	24.82	26.78	28.75	30.74	33.26	35.67
1100	12.40	13.68	15.16	16.72	18.28	19.30	20.89	22.42	24.36	26.80	28.86	30.96	33.06	35.72	38.26
1200	13.30	14.68	16.26	17.94	19.60	20.69	22.37	24.01	26.07	28.68	30.85	33.03	35.25	38.01	40.64
1300	14.16	15.63	17.31	19.11	20.88	22.02	23.81	25.55	27.70	30.47	32.71	34.96	37.26	40.11	42.79
1400	14.99	16.56	18.33	20.23	22.09	23.30	25.18	27.00	29.25	32.18	34.45	36.76	39.13	42.00	44.73
1500	15.79	17.45	19.33	21.31	23.27	24.53	26.48	28.38	30.71	33.78	36.07	38.40	40.82	43.69	46.41
1600	16.56	18.31	20.27	22.35	24.38	25.69	27.71	29.69	32.08	35.28	37.56	39.89	42.32	45.17	47.86
1700	17.31	19.11	21.16	23.33	25.45	26.78	28.88	30.90	33.35	36.68	38.93	41.22	43.64	46.41	49.02
1800	18.01	19.89	22.02	24.26	26.44	27.82	29.96	32.03	34.51	37.97	40.13	42.35	44.75	47.40	49.89
1900	18.69	20.64	22.83	25.13	27.39	28.79	30.97	33.09	35.56	39.12	41.18	43.32	45.67	48.16	50.47
2000	19.33	21.34	23.60	25.97	28.26	29.68	31.90	34.04	36.52	40.17	42.09	44.08	46.35	48.63	
2100	19.93	22.00	24.32	26.74	29.08	30.51	32.75	34.91	37.35	41.09	42.83	44.67	46.81		
2200	20.51	22.62	24.99	27.45	29.82	31.27	33.49	35.66	38.07	41.87	43.40	45.02			
2300	21.03	23.20	25.60	28.11	30.51	31.94	34.15	36.32	38.65	42.52	43.79				
2400	21.53	23.72	26.18	28.71	31.12	32.52	34.72	36.88	39.11	43.03	43.99				
2500	21.99	24.22	26.69	29.24	31.66	33.04	35.20	37.32	39.43	43.38					
2600	22.40	24.65	27.16	29.71	32.12	33.47	35.57	37.66	39.63	43.59					
2700	22.76	25.04	27.57	30.12	32.50	33.80	35.85	37.88	39.67	43.64					
2800	23.10	25.39	27.91	30.44	32.80	34.04	36.01	37.96							
2900	23.38	25.67	28.19	30.70	33.02	34.20	36.07	37.93							
3000	23.62	25.91	28.42	30.89	33.16	34.26	36.01								
3100	23.81	26.10	28.59	31.02	33.20	34.22									
3200	23.96	26.22	28.68	31.06	33.16	34.07									
3300	24.05	26.29	28.71	31.02	33.02										
3400	24.11	26.32	28.67	30.89	32.79										
3500	24.11	26.26	28.57	30.69											
3600	24.05	26.15	28.38	30.40											
3700	23.95	25.99	28.14												
3800	23.77	25.75	27.81												



Table 10

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)										
RPM	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	3.39+
485	0.00	0.05	0.15	0.25	0.35	0.42	0.50	0.55	0.60	0.64
575	0.00	0.07	0.17	0.31	0.42	0.50	0.59	0.66	0.71	0.76
690	0.00	0.08	0.21	0.36	0.50	0.60	0.70	0.79	0.86	0.91
725	0.00	0.08	0.21	0.38	0.52	0.63	0.74	0.83	0.90	0.95
870	0.00	0.09	0.27	0.46	0.62	0.75	0.88	0.99	1.09	1.15
950	0.00	0.11	0.28	0.50	0.68	0.82	0.97	1.09	1.18	1.25
1160	0.00	0.13	0.35	0.60	0.83	1.01	1.18	1.33	1.45	1.53
1425	0.00	0.16	0.43	0.75	1.02	1.23	1.45	1.62	1.77	1.88
1750	0.00	0.19	0.52	0.92	1.25	1.51	1.78	2.00	2.17	2.31
2850	0.00	0.32	0.86	1.50	2.04	2.47	2.90	3.26	3.55	3.75
3450	0.00	0.38	1.05	1.81	2.47	2.99	3.50	3.94	4.29	4.54
50	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.07
60	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.08
70	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
80	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11
90	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12
100	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
150	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20
200	0.00	0.03	0.05	0.11	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27
250	0.00	0.03	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31	0.34
300	0.00	0.03	0.09	0.16	0.21	0.25	0.31	0.35	0.38	0.40
350	0.00	0.04	0.11	0.19	0.25	0.31	0.36	0.40	0.43	0.46
400	0.00	0.04	0.12	0.21	0.28	0.35	0.40	0.46	0.50	0.52
450	0.00	0.05	0.13	0.24	0.32	0.39	0.46	0.51	0.56	0.59
500	0.00	0.05	0.15	0.27	0.36	0.43	0.51	0.58	0.62	0.66
550	0.00	0.07	0.16	0.29	0.39	0.48	0.56	0.63	0.68	0.72
600	0.00	0.07	0.17	0.32	0.43	0.52	0.60	0.68	0.75	0.79
650	0.00	0.07	0.20	0.34	0.47	0.56	0.66	0.74	0.80	0.86
700	0.00	0.08	0.21	0.36	0.50	0.60	0.71	0.80	0.87	0.92
750	0.00	0.08	0.23	0.39	0.54	0.64	0.76	0.86	0.94	0.99
800	0.00	0.09	0.24	0.42	0.58	0.70	0.82	0.91	0.99	1.06
850	0.00	0.09	0.25	0.44	0.60	0.74	0.86	0.97	1.06	1.13
900	0.00	0.09	0.27	0.47	0.64	0.78	0.91	1.03	1.13	1.19
950	0.00	0.11	0.28	0.50	0.68	0.82	0.97	1.09	1.18	1.25
1000	0.00	0.11	0.29	0.52	0.71	0.87	1.02	1.14	1.25	1.31
1100	0.00	0.12	0.34	0.58	0.79	0.95	1.11	1.26	1.37	1.45
1200	0.00	0.13	0.36	0.63	0.86	1.05	1.22	1.37	1.49	1.58
1300	0.00	0.15	0.39	0.68	0.92	1.13	1.31	1.49	1.62	1.72
1400	0.00	0.16	0.42	0.74	1.01	1.22	1.42	1.60	1.74	1.85
1500	0.00	0.16	0.46	0.79	1.07	1.30	1.53	1.72	1.86	1.98
1600	0.00	0.17	0.48	0.84	1.14	1.38	1.62	1.82	2.00	2.10
1700	0.00	0.19	0.51	0.90	1.22	1.47	1.73	1.94	2.12	2.24
1800	0.00	0.20	0.54	0.95	1.29	1.55	1.82	2.05	2.24	2.37
1900	0.00	0.21	0.58	0.99	1.35	1.65	1.93	2.17	2.36	2.51
2000	0.00	0.23	0.60	1.05	1.43	1.73	2.02	2.28	2.49	2.64
2100	0.00	0.23	0.63	1.10	1.50	1.82	2.13	2.40	2.61	2.77
2200	0.00	0.24	0.66	1.15	1.57	1.90	2.24	2.52	2.73	2.90
2300	0.00	0.25	0.70	1.21	1.65	2.00	2.33	2.63	2.87	3.03
2400	0.00	0.27	0.72	1.26	1.72	2.08	2.44	2.75	2.99	3.16
2500	0.00	0.28	0.75	1.31	1.78	2.17	2.53	2.86	3.11	3.30
2600	0.00	0.28	0.78	1.37	1.86	2.25	2.64	2.98	3.23	3.43
2700	0.00	0.29	0.82	1.42	1.93	2.35	2.73	3.08	3.36	3.57
2800	0.00	0.31	0.84	1.47	2.00	2.43	2.84	3.20	3.49	3.69
2900	0.00	0.32	0.87	1.53	2.08	2.52	2.95	3.31	3.61	3.82
3000	0.00	0.34	0.90	1.58	2.14	2.60	3.04	3.43	3.74	3.95
3100	0.00	0.35	0.94	1.64	2.21	2.68	3.15	3.54	3.86	4.09
3200	0.00	0.35	0.97	1.68	2.29	2.77	3.24	3.66	3.98	4.22
3300	0.00	0.36	0.99	1.73	2.36	2.86	3.35	3.77	4.10	4.36
3400	0.00	0.38	1.02	1.78	2.43	2.95	3.44	3.89	4.24	4.48
3500	0.00	0.39	1.06	1.84	2.51	3.03	3.55	3.99	4.36	4.61
3600	0.00	0.40	1.09	1.89	2.57	3.12	3.66	4.12	4.48	4.75
3700	0.00	0.42	1.11	1.94	2.64	3.20	3.75	4.22	4.61	4.88
3800	0.00	0.42	1.14	2.00	2.72	3.30	3.86	4.34	4.73	5.01



HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)

Table 12

RPM	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	3.39+
485	0.00	0.27	0.74	1.30	1.77	2.13	2.51	2.82	3.07	3.26
575	0.00	0.32	0.88	1.54	2.09	2.53	2.96	3.34	3.63	3.86
690	0.00	0.39	1.06	1.85	2.51	3.04	3.57	4.01	4.37	4.62
725	0.00	0.40	1.11	1.93	2.64	3.19	3.74	4.21	4.58	4.87
870	0.00	0.50	1.33	2.32	3.16	3.83	4.49	5.05	5.51	5.83
950	0.00	0.54	1.46	2.53	3.46	4.18	4.91	5.52	6.02	6.37
1160	0.00	0.66	1.78	3.10	4.22	5.11	5.99	6.74	7.35	7.77
1425	0.00	0.80	2.18	3.81	5.19	6.27	7.36	8.28	9.02	9.56
1750	0.00	0.98	2.68	4.68	6.37	7.71	9.03	10.16	11.07	11.73
10	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.07
20	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13
30	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.13	0.16	0.17	0.19	0.20
40	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27
50	0.00	0.03	0.08	0.13	0.19	0.21	0.25	0.29	0.32	0.34
60	0.00	0.04	0.09	0.16	0.21	0.27	0.31	0.35	0.38	0.40
70	0.00	0.04	0.11	0.19	0.25	0.31	0.36	0.40	0.44	0.47
80	0.00	0.04	0.12	0.21	0.29	0.35	0.42	0.47	0.51	0.54
90	0.00	0.05	0.13	0.24	0.32	0.40	0.47	0.52	0.56	0.60
100	0.00	0.05	0.15	0.27	0.36	0.44	0.52	0.58	0.63	0.67
110	0.00	0.07	0.17	0.29	0.40	0.48	0.56	0.64	0.70	0.74
120	0.00	0.07	0.19	0.32	0.44	0.52	0.62	0.70	0.76	0.80
130	0.00	0.07	0.20	0.35	0.47	0.58	0.67	0.75	0.82	0.87
140	0.00	0.08	0.21	0.38	0.51	0.62	0.72	0.82	0.88	0.94
150	0.00	0.08	0.23	0.40	0.55	0.66	0.78	0.87	0.95	1.01
160	0.00	0.09	0.24	0.43	0.58	0.71	0.83	0.92	1.02	1.07
170	0.00	0.09	0.25	0.46	0.62	0.75	0.87	0.99	1.07	1.14
180	0.00	0.11	0.28	0.48	0.66	0.79	0.92	1.05	1.14	1.21
190	0.00	0.11	0.29	0.51	0.70	0.83	0.98	1.10	1.21	1.27
200	0.00	0.11	0.31	0.54	0.72	0.88	1.03	1.17	1.26	1.34
250	0.00	0.13	0.39	0.67	0.91	1.10	1.29	1.45	1.58	1.68
300	0.00	0.17	0.46	0.80	1.09	1.33	1.55	1.74	1.90	2.01
350	0.00	0.20	0.54	0.94	1.27	1.54	1.81	2.04	2.21	2.35
400	0.00	0.23	0.62	1.07	1.46	1.77	2.06	2.32	2.53	2.68
450	0.00	0.25	0.68	1.21	1.64	1.98	2.32	2.61	2.84	3.02
500	0.00	0.28	0.76	1.34	1.82	2.20	2.59	2.91	3.16	3.35
550	0.00	0.31	0.84	1.47	2.00	2.43	2.84	3.19	3.49	3.69
600	0.00	0.34	0.92	1.61	2.18	2.64	3.10	3.49	3.79	4.02
650	0.00	0.36	0.99	1.74	2.36	2.87	3.35	3.78	4.12	4.36
700	0.00	0.39	1.07	1.88	2.55	3.08	3.62	4.06	4.42	4.69
750	0.00	0.42	1.15	2.00	2.72	3.31	3.87	4.36	4.75	5.03
800	0.00	0.46	1.22	2.13	2.91	3.53	4.13	4.65	5.07	5.36
850	0.00	0.48	1.30	2.27	3.10	3.74	4.38	4.93	5.38	5.70
900	0.00	0.51	1.38	2.40	3.27	3.97	4.65	5.23	5.70	6.03
950	0.00	0.54	1.46	2.53	3.46	4.18	4.91	5.52	6.02	6.37
1000	0.00	0.56	1.53	2.67	3.63	4.41	5.16	5.80	6.33	6.70
1050	0.00	0.59	1.61	2.80	3.82	4.62	5.42	6.10	6.65	7.04
1100	0.00	0.62	1.69	2.94	3.99	4.85	5.68	6.39	6.96	7.37
1150	0.00	0.64	1.76	3.07	4.18	5.07	5.94	6.68	7.28	7.71
1200	0.00	0.67	1.84	3.20	4.37	5.29	6.19	6.97	7.60	8.04
1250	0.00	0.70	1.92	3.34	4.54	5.51	6.45	7.27	7.91	8.38
1300	0.00	0.74	2.00	3.47	4.73	5.72	6.72	7.55	8.23	8.71
1350	0.00	0.76	2.06	3.61	4.91	5.95	6.97	7.84	8.54	9.05
1400	0.00	0.79	2.14	3.74	5.09	6.17	7.23	8.14	8.86	9.38
1450	0.00	0.82	2.23	3.87	5.27	6.39	7.48	8.42	9.18	9.72
1500	0.00	0.84	2.31	4.01	5.46	6.61	7.75	8.71	9.49	10.05
1550	0.00	0.87	2.37	4.14	5.63	6.84	8.00	9.01	9.81	10.39
1600	0.00	0.90	2.45	4.28	5.82	7.05	8.26	9.29	10.12	10.72
1650	0.00	0.92	2.53	4.41	6.01	7.27	8.51	9.58	10.44	11.06
1700	0.00	0.95	2.60	4.54	6.18	7.49	8.78	9.88	10.76	11.39
1750	0.00	0.98	2.68	4.68	6.37	7.71	9.03	10.16	11.07	11.73
1800	0.00	1.02	2.76	4.81	6.54	7.94	9.29	10.46	11.39	12.06
1850	0.00	1.05	2.84	4.95	6.73	8.15	9.54	10.75	11.70	12.40
1900	0.00	1.07	2.91	5.08	6.90	8.38	9.81	11.03	12.02	12.73
1950	0.00	1.10	2.99	5.21	7.09	8.59	10.07	11.33	12.35	13.07
2000	0.00	1.13	3.07	5.35	7.28	8.82	10.32	11.62	12.65	13.40

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)

Table 13

RPM	2.2	2.35	2.5	2.65	2.8	3.00	3.15	3.35	3.65	4.12	4.5	5.00	5.6	6.00	6.5	6.9	8.00	10.6	14.00
575	0.56	0.66	0.74	0.83	0.93	1.04	1.14	1.26	1.40	1.70	1.94	2.23	2.59	2.63	3.10	3.37	3.95	5.37	7.20
690	0.66	0.77	0.86	0.97	1.09	1.23	1.34	1.49	1.65	1.99	2.28	2.64	3.05	3.10	3.65	3.97	4.67	6.34	8.49
725	0.69	0.81	0.91	1.02	1.14	1.27	1.41	1.56	1.73	2.08	2.38	2.75	3.19	3.24	3.82	4.15	4.88	6.63	8.87
870	0.79	0.94	1.05	1.19	1.33	1.50	1.65	1.82	2.03	2.45	2.80	3.25	3.76	3.83	4.51	4.89	5.75	7.80	10.43
950	0.86	1.01	1.13	1.29	1.44	1.61	1.78	1.97	2.19	2.65	3.04	3.51	4.07	4.14	4.88	5.30	6.22	8.43	11.26
1160	1.01	1.20	1.34	1.52	1.71	1.92	2.12	2.35	2.61	3.17	3.64	4.21	4.86	4.96	5.84	6.33	7.42	10.03	13.36
1425	1.20	1.43	1.59	1.82	2.04	2.29	2.53	2.82	3.12	3.77	4.34	5.03	5.82	5.92	6.97	7.56	8.88	11.98	15.81
1750	1.40	1.67	1.88	2.14	2.42	2.72	3.00	3.34	3.73	4.52	5.20	6.01	6.96	7.08	8.33	9.01	10.58	14.18	18.52
2850	2.03	2.47	2.78	3.19	3.60	4.07	4.52	5.03	5.62	6.82	7.84	9.04	10.43	10.58	12.39	13.30	15.44	19.98	
3450	2.34	2.84	3.23	3.72	4.19	4.74	5.27	5.86	6.55	7.95	9.11	10.49	12.05	12.18	14.23	15.14	17.42		
200	0.23	0.27	0.30	0.32	0.36	0.41	0.44	0.48	0.54	0.65	0.74	0.86	0.98	1.00	1.18	1.28	1.50	2.04	2.74
400	0.42	0.49	0.54	0.61	0.67	0.75	0.83	0.91	1.01	1.22	1.40	1.61	1.85	1.88	2.23	2.41	2.85	3.85	5.18
600	0.58	0.69	0.76	0.86	0.97	1.08	1.18	1.31	1.46	1.75	2.01	2.32	2.68	2.73	3.21	3.48	4.11	5.59	7.49
800	0.74	0.88	0.97	1.10	1.24	1.39	1.53	1.69	1.88	2.27	2.60	3.01	3.47	3.53	4.16	4.53	5.34	7.23	9.68
1000	0.89	1.05	1.18	1.33	1.49	1.68	1.85	2.05	2.26	2.76	3.17	3.66	4.25	4.32	5.09	5.53	6.51	8.82	11.77
1200	1.03	1.23	1.38	1.56	1.75	1.96	2.17	2.42	2.68	3.25	3.73	4.32	5.00	5.08	5.99	6.50	7.65	10.35	13.74
1400	1.17	1.39	1.57	1.78	2.00	2.25	2.48	2.75	3.06	3.72	4.27	4.94	5.73	5.82	6.86	7.44	8.76	11.81	15.60
1600	1.29	1.55	1.74	1.99	2.23	2.52	2.79	3.10	3.45	4.18	4.80	5.56	6.44	6.55	7.70	8.35	9.81	13.19	17.33
1800	1.42	1.71	1.93	2.19	2.47	2.78	3.08	3.42	3.81	4.63	5.32	6.16	7.12	7.25	8.52	9.23	10.83	14.49	18.90
2000	1.54	1.86	2.09	2.40	2.70	3.04	3.36	3.74	4.18	5.06	5.83	6.74	7.80	7.93	9.32	10.08	11.81	15.73	20.34
2200	1.67	2.01	2.27	2.60	2.91	3.30	3.65	4.07	4.53	5.50	6.32	7.30	8.44	8.58	10.08	10.88	12.75	16.88	21.61
2400	1.79	2.16	2.43	2.79	3.13	3.54	3.93	4.36	4.88	5.92	6.80	7.86	9.08	9.22	10.83	11.67	13.63	17.94	22.70
2600	1.89	2.29	2.59	2.98	3.34	3.79	4.20	4.67	5.22	6.33	7.26	8.39	9.70	9.84	11.54	12.41	14.46	18.91	
2800	2.00	2.43	2.74	3.15	3.56	4.02	4.46	4.96	5.54	6.72	7.73	8.92	10.28	10.42	12.23	13.12	15.25	19.78	
3000	2.11	2.56	2.90	3.33	3.76	4.25	4.72	5.25	5.86	7.11	8.17	9.42	10.85	10.99	12.88	13.79	15.97	20.53	
3200	2.20	2.68	3.05	3.50	3.95	4.47	4.96	5.53	6.17	7.49	8.59	9.90	11.40	11.54	13.50	14.42	16.66		
3400	2.31	2.82	3.19	3.68	4.15	4.70	5.21	5.80	6.48	7.86	9.01	10.38	11.93	12.05	14.08	15.00	17.27		
3600	2.40	2.94	3.34	3.84	4.34	4.90	5.46	6.07	6.77	8.22	9.41	10.83	12.43	12.55	14.63	15.54	17.83		
3800	2.50	3.06	3.47	4.00	4.51	5.12	5.68	6.33	7.07	8.56	9.81	11.26	12.91	13.02	15.16	16.03	18.30		
4000	2.59	3.17	3.61	4.15	4.70	5.31	5.91	6.57	7.34	8.89	10.18	11.68	13.36	13.57	15.63	16.48			
4200	2.67	3.27	3.73	4.31	4.87	5.52	6.13	6.83	7.61	9.23	10.55	12.08	13.78	13.85	16.07	16.87			
4400	2.75	3.38	3.86	4.46	5.03	5.71	6.34	7.06	7.89	9.54	10.89	12.45	14.18	14.11	15.23				
4600	2.83	3.49	3.99	4.59	5.20	5.90	6.56	7.29	8.13	9.83	11.22	12.81	14.82	14.57	16.83				
4800	2.91	3.60	4.09	4.74	5.36	6.07	6.76	7.51	8.38	10.13	11.53	13.14	14.88	14.87	17.15				
5000	3.00	3.69	4.22	4.87	5.52	6.25	6.94	7.73	8.62	10.41	11.83	13.46	15.20	15.02					
5200	3.06	3.79	4.32	5.00	5.67	6.41	7.13	7.93	8.84	10.66	12.11	13.74	15.47						
5400	3.13	3.88	4.43	5.13	5.80	6.58	7.32	8.13	9.06	10.91	12.39	14.01	15.72						
5600	3.20	3.96	4.56	5.25	5.95	6.74	7.48	8.32	9.27	11.15	12.63	14.26							
5800	3.26	4.04	4.63	5.36	6.08	6.89	7.65	8.51	9.46	11.38	12.84	14.48							
6000	3.30	4.12	4.73	5.47	6.20	7.03	7.82	8.68	9.66	11.59	13.05	14.67							
6200	3.39	4.20	4.81	5.57	6.32	7.18	7.96	8.84	9.83	11.78	13.24								
6400	3.44	4.27	4.90	5.68	6.44	7.30	8.11	9.00	10.00	12.11	13.42								
6600	3.49	4.35	4.99	5.78	6.55	7.42	8.24	9.14	10.16	12.13	13.57								
6800	3.53	4.41	5.07	5.87	6.66	7.54	8.37	9.29	10.30	12.27	13.69								
7000	3.59	4.47	5.13	5.95	6.75	7.65	8.49	9.41	10.43	12.41									

# STANDARD 3VX TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)

Table 14

RPM	1.00-1.01	1.02-1.03	1.04-1.06	1.07-1.09	1.10-1.13	1.14-1.18	1.19-1.25	1.26-1.35	1.36-1.57	1.58+
575	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09
690	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12
725	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.12
870	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08	0.09	0.12	0.13	0.15	0.15
950	0.00	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.15	0.16	0.16
1160	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20
1425	0.00	0.03	0.05	0.09	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	0.24
1750	0.00	0.03	0.07	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.28	0.31
2850	0.00	0.04	0.11	0.20	0.27	0.32	0.38	0.43	0.47	0.50
3450	0.00	0.05	0.13	0.24	0.32	0.39	0.46	0.51	0.56	0.59
200	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
400	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.07
600	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11
800	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13
1000	0.00	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17
1200	0.00	0.01	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.17	0.20	0.20
1400	0.00	0.03	0.05	0.09	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	0.24
1600	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15	0.19	0.21	0.24	0.25	0.28
1800	0.00	0.03	0.07	0.12	0.17	0.20	0.24	0.27	0.29	0.31
2000	0.00	0.03	0.08	0.13	0.19	0.23	0.27	0.29	0.32	0.35
2200	0.00	0.03	0.08	0.15	0.20	0.25	0.29	0.34	0.36	0.38
2400	0.00	0.04	0.09	0.16	0.23	0.27	0.32	0.36	0.39	0.42
2600	0.00	0.04	0.11	0.17	0.24	0.29	0.35	0.39	0.43	0.44
2800	0.00	0.04	0.11	0.19	0.27	0.32	0.38	0.42	0.46	0.48
3000	0.00	0.04	0.12	0.20	0.28	0.34	0.40	0.44	0.48	0.52
3200	0.00	0.04	0.12	0.21	0.29	0.36	0.43	0.48	0.52	0.55
3400	0.00	0.05	0.13	0.23	0.32	0.39	0.46	0.51	0.55	0.59
3600	0.00	0.05	0.15	0.24	0.34	0.40	0.48	0.54	0.59	0.62
3800	0.00	0.05	0.15	0.25	0.36	0.43	0.51	0.56	0.62	0.66
4000	0.00	0.05	0.16	0.28	0.38	0.46	0.54	0.60	0.66	0.68
4200	0.00	0.07	0.16	0.29	0.39	0.48	0.56	0.63	0.68	0.72
4400	0.00	0.07	0.17	0.31	0.42	0.50	0.59	0.66	0.71	0.76
4600	0.00	0.07	0.19	0.32	0.43	0.52	0.62	0.68	0.75	0.79
4800	0.00	0.07	0.19	0.34	0.44	0.55	0.64	0.72	0.75	0.83
5000	0.00	0.07	0.20	0.35	0.47	0.56	0.67	0.75	0.82	0.86
5200	0.00	0.08	0.20	0.36	0.48	0.59	0.68	0.78	0.84	0.90
5400	0.00	0.08	0.21	0.38	0.51	0.62	0.71	0.80	0.88	0.92
5600	0.00	0.08	0.21	0.39	0.52	0.63	0.74	0.83	0.91	0.97
5800	0.00	0.08	0.23	0.40	0.54	0.66	0.76	0.87	0.94	1.01
6000	0.00	0.08	0.24	0.42	0.56	0.68	0.79	0.90	0.98	1.03
6200	0.00	0.09	0.24	0.43	0.58	0.70	0.82	0.92	1.01	1.07
6400	0.00	0.09	0.25	0.44	0.60	0.72	0.84	0.95	1.05	1.10
6600	0.00	0.09	0.25	0.46	0.62	0.75	0.87	0.99	1.07	1.14
6800	0.00	0.09	0.27	0.47	0.63	0.76	0.90	1.02	1.11	1.17
7000	0.00	0.11	0.28	0.48	0.66	0.79	0.92	1.05	1.14	1.21

# STANDARD 5VX TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

RPM	HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)																			Table 15	
	4.4	4.65	4.9	5.2	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	8.0	8.5	9.0	9.25	9.75	10.3	10.9	11.8	12.5	13.2	
436	2.57	2.88	3.23	3.59	4.00	4.50	5.01	5.52	6.02	6.52	7.11	7.73	8.34	8.73	9.35	9.99	10.76	11.84	12.66	13.55	
485	2.82	3.18	3.55	3.96	4.40	4.97	5.52	6.08	6.63	7.19	7.84	8.53	9.21	9.63	10.33	11.03	11.89	13.08	13.98	14.96	
575	3.26	3.68	4.12	4.60	5.11	5.77	6.44	7.09	7.74	8.39	9.15	9.95	10.75	11.24	12.04	12.87	13.88	15.26	16.31	17.46	
690	3.83	4.31	4.83	5.41	6.01	6.79	7.56	8.33	9.11	9.88	10.77	11.73	12.67	13.24	14.19	15.16	16.34	17.98	19.21	20.55	
725	3.96	4.49	5.02	5.63	6.27	7.08	7.91	8.71	9.52	10.32	11.26	12.26	13.24	13.84	14.85	15.85	17.08	18.79	20.08	21.48	
870	4.64	5.25	5.90	6.61	7.36	8.33	9.29	10.24	11.20	12.14	13.25	14.42	15.57	16.28	17.46	18.64	20.09	22.10	23.59	25.22	
950	5.00	5.66	6.37	7.12	7.95	8.99	10.03	11.07	12.10	13.12	14.33	15.58	16.83	17.60	18.87	20.15	21.71	23.88	25.47	27.22	
1160	5.91	6.70	7.54	8.46	9.43	10.69	11.93	13.18	14.41	15.63	17.05	18.55	20.04	20.95	22.45	23.95	25.79	28.37	30.21	32.23	
1425	6.99	7.94	8.96	10.07	11.24	12.75	14.24	15.73	17.19	18.66	20.35	22.13	23.88	24.95	26.72	28.50	30.63	33.69	35.75	38.03	
1750	8.25	9.39	10.61	11.94	13.34	15.13	16.92	18.68	20.41	22.14	24.15	26.22	28.28	29.51	31.55	33.61	36.02	39.63	41.81	44.27	
2850	11.88	13.61	15.44	17.41	19.48	22.10	24.67	27.16	29.60	31.97	34.71	37.47	40.12	41.54	43.96	46.47					
3450	13.44	15.46	17.56	19.80	22.15	25.10	27.94	30.70	33.32	35.85	38.73	41.55	44.19								
100	0.71	0.79	0.87	0.97	1.07	1.19	1.33	1.45	1.57	1.71	1.85	2.01	2.16	2.26	2.42	2.58	2.78	3.06	3.26	3.49	
200	1.31	1.46	1.63	1.80	1.99	2.24	2.48	2.72	2.97	3.21	3.50	3.79	4.10	4.28	4.59	4.90	5.28	5.80	6.20	6.64	
300	1.86	2.09	2.32	2.59	2.86	3.23	3.59	3.95	4.30	4.65	5.07	5.51	5.95	6.22	6.67	7.11	7.66	8.43	9.01	9.65	
400	2.39	2.68	3.00	3.34	3.71	4.18	4.65	5.11	5.59	6.05	6.59	7.17	7.73	8.09	8.67	9.25	9.98	10.98	11.73	12.56	
500	2.90	3.26	3.64	4.08	4.52	5.10	5.67	6.25	6.82	7.53	8.06	8.76	9.47	9.90	10.62	11.34	12.22	13.44	14.37	15.39	
600	3.38	3.81	4.27	4.78	5.31	6.00	6.68	7.37	8.04	8.71	9.51	10.33	11.16	11.68	12.52	13.37	14.42	15.86	16.94	18.14	
700	3.87	4.36	4.88	5.47	6.09	6.87	7.67	8.45	9.23	10.01	10.92	11.88	12.80	13.41	14.38	15.36	16.55	18.21	19.45	20.82	
800	4.33	4.88	5.49	6.14	6.84	7.73	8.62	9.51	10.39	11.28	12.30	13.38	14.45	15.11	16.21	17.30	18.65	20.51	21.91	23.44	
900	4.77	5.41	6.07	6.80	7.58	8.57	9.57	10.55	11.54	12.51	13.66	14.85	16.05	16.77	17.99	19.21	20.70	22.77	24.30	26.43	
1000	5.22	5.90	6.65	7.44	8.31	9.40	10.50	11.58	12.65	13.72	14.98	16.30	17.61	18.40	19.73	21.07	22.69	24.96	26.63	30.82	
1100	5.66	6.40	7.21	8.09	9.02	10.20	11.40	12.59	13.75	14.92	16.29	17.72	19.14	20.00	21.44	22.89	24.64	27.10	28.88	33.14	
1200	6.07	6.88	7.75	8.71	9.71	11.01	12.29	13.57	14.84	16.10	17.57	19.10	20.63	21.56	23.12	24.67	26.55	29.20	31.07	35.37	
1300	6.49	7.37	8.30	9.32	10.41	11.79	13.17	14.53	15.90	17.24	18.82	20.46	22.09	23.09	24.74	26.40	28.39	31.23	33.19	37.49	
1400	6.89	7.82	8.84	9.91	11.08	12.56	14.02	15.49	16.94	18.37	20.05	21.80	23.53	24.58	26.33	28.08	30.18	33.20	35.25	39.56	
1500	7.29	8.28	9.36	10.50	11.73	13.31	14.87	16.42	17.96	19.48	21.25	23.10	24.94	26.04	27.87	29.73	31.93	35.12	37.22	41.52	
1600	7.68	8.73	9.86	11.09	12.39	14.05	15.70	17.34	18.95	20.56	22.43	24.37	26.29	27.45	29.37	31.32	33.61	36.97	39.13	43.38	
1700	8.06	9.16	10.36	11.66	13.03	14.77	16.52	18.24	19.93	21.61	23.57	25.62	27.63	28.84	30.83	32.86	35.23	38.75	40.94	45.14	
1800	8.43	9.59	10.85	12.21	13.64	15.49	17.31	19.11	20.90	22.66	24.70	26.82	28.93	30.17	32.25	34.35	36.79	40.47	42.67	46.78	
1900	8.80	10.02	11.33	12.76	14.26	16.19	18.09	19.97	21.82	23.67	25.79	28.01	30.19	31.48	33.62	35.78	38.29	42.12	44.30	48.33	
2000	9.15	10.44	11.81	13.29	14.86	16.87	18.85	20.81	22.75	24.65	26.87	29.16	31.41	32.73	34.94	37.17	39.72	43.69	45.85	51.05	
2200	9.84	11.24	12.73	14.34	16.04	18.20	20.34	22.44	24.51	26.56	28.91	31.36	33.73	35.11	37.39	39.76	42.39	46.62	48.66		
2400	10.50	12.01	13.60	15.33	17.15	19.47	21.75	23.99	26.19	28.35	30.85	33.40	35.90	37.31	39.70	43.47	44.76	49.23	51.06		
2600	11.13	12.73	14.44	16.28	18.22	20.68	23.09	25.46	27.77	30.04	32.64	35.31	37.89	39.33	41.75	44.23	46.83				
2800	11.73	13.44	15.24	17.18	19.23	21.83	24.36	26.84	29.25	31.60	34.32	37.08	39.70	41.11	43.55	46.05					
3000	12.29	14.10	16.00	18.05	20.20	22.90	25.55	28.13	30.35	33.05	35.84	38.65	41.31	42.70	45.12						
3200	12.83	14.73	16.72	18.86	21.09	23.92	26.67	29.32	31.90	34.38	37.22	40.05	42.72	44.05							
3400	13.32	15.32	17.40	19.62	21.95	24.87	27.70	30.42	33.05	35.56	38.45	41.28	43.93								
3600	13.78	15.87	18.03	20.33	22.74	25.74	28.64	31.41	34.09	36.61	39.51	42.29									
3800	14.20	16.38	18.62	20.99	23.46	26.54	29.49	32.31	34.99	37.53	40.39										
4000	14.59	16.85	19.15	21.59	24.12	27.25	30.26	33.09	35.76	38.28											
4200	14.95	17.28	19.65	22.13	24.72	27.90	30.92	33.76	36.41												
4400	15.26	17.66	20.07	22.63	25.24	28.46	31.48	34.30													
4600	15.53	18.01	20.46	23.04	25.70	28.93	31.93														
4800	15.77	18.29	20.90	23.41	26.07	29.30	32.30														
5000	15.96	18.54	21.07	23.71	26.38	29.58															

# STANDARD 5VX TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE OD (IN)

Table 16

RPM	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	3.39+
485	0.00	0.05	0.15	0.25	0.35	0.42	0.50	0.55	0.60	0.64
575	0.00	0.07	0.17	0.31	0.42	0.50	0.59	0.66	0.71	0.76
690	0.00	0.08	0.21	0.36	0.50	0.60	0.70	0.79	0.86	0.91
725	0.00	0.08	0.21	0.38	0.52	0.63	0.74	0.83	0.90	0.95
870	0.00	0.09	0.27	0.46	0.62	0.75	0.88	0.99	1.09	1.15
950	0.00	0.11	0.28	0.50	0.68	0.82	0.97	1.09	1.18	1.25
1160	0.00	0.13	0.35	0.60	0.83	1.01	1.18	1.33	1.45	1.53
1425	0.00	0.16	0.43	0.75	1.02	1.23	1.45	1.62	1.77	1.88
1750	0.00	0.19	0.52	0.92	1.25	1.51	1.78	2.00	2.17	2.31
2850	0.00	0.32	0.86	1.50	2.04	2.47	2.90	3.26	3.55	3.75
3450	0.00	0.38	1.05	1.81	2.47	2.99	3.50	3.94	4.29	4.54
50	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.07
60	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.08
70	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
80	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11
90	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12
100	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
150	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20
200	0.00	0.03	0.05	0.11	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27
250	0.00	0.03	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31	0.34
300	0.00	0.03	0.09	0.16	0.21	0.25	0.31	0.35	0.38	0.40
350	0.00	0.04	0.11	0.19	0.25	0.31	0.36	0.40	0.43	0.46
400	0.00	0.04	0.12	0.21	0.28	0.35	0.40	0.46	0.50	0.52
450	0.00	0.05	0.13	0.24	0.32	0.39	0.46	0.51	0.56	0.59
500	0.00	0.05	0.15	0.27	0.36	0.43	0.51	0.58	0.62	0.66
550	0.00	0.07	0.16	0.29	0.39	0.48	0.56	0.63	0.68	0.72
600	0.00	0.07	0.17	0.32	0.43	0.52	0.60	0.68	0.75	0.79
650	0.00	0.07	0.20	0.34	0.47	0.56	0.66	0.74	0.80	0.86
700	0.00	0.08	0.21	0.36	0.50	0.60	0.71	0.80	0.87	0.92
750	0.00	0.08	0.23	0.39	0.54	0.64	0.76	0.86	0.94	0.99
800	0.00	0.09	0.24	0.42	0.58	0.70	0.82	0.91	0.99	1.06
850	0.00	0.09	0.25	0.44	0.60	0.74	0.86	0.97	1.06	1.13
900	0.00	0.09	0.27	0.47	0.64	0.78	0.91	1.03	1.13	1.19
950	0.00	0.11	0.28	0.50	0.68	0.82	0.97	1.09	1.18	1.25
1000	0.00	0.11	0.29	0.52	0.71	0.87	1.02	1.14	1.25	1.31
1100	0.00	0.12	0.34	0.58	0.79	0.95	1.11	1.26	1.37	1.45
1200	0.00	0.13	0.36	0.63	0.86	1.05	1.22	1.37	1.49	1.58
1300	0.00	0.15	0.39	0.68	0.92	1.13	1.31	1.49	1.62	1.72
1400	0.00	0.16	0.42	0.74	1.01	1.22	1.42	1.60	1.74	1.85
1500	0.00	0.16	0.46	0.79	1.07	1.30	1.53	1.72	1.86	1.98
1600	0.00	0.17	0.48	0.84	1.14	1.38	1.62	1.82	2.00	2.10
1700	0.00	0.19	0.51	0.90	1.22	1.47	1.73	1.94	2.12	2.24
1800	0.00	0.20	0.54	0.95	1.29	1.55	1.82	2.05	2.24	2.37
1900	0.00	0.21	0.58	0.99	1.35	1.65	1.93	2.17	2.36	2.51
2000	0.00	0.23	0.60	1.05	1.43	1.73	2.02	2.28	2.49	2.64
2100	0.00	0.23	0.63	1.10	1.50	1.82	2.13	2.40	2.61	2.77
2200	0.00	0.24	0.66	1.15	1.57	1.90	2.24	2.52	2.73	2.90
2300	0.00	0.25	0.70	1.21	1.65	2.00	2.33	2.63	2.87	3.03
2400	0.00	0.27	0.72	1.26	1.72	2.08	2.44	2.75	2.99	3.16
2500	0.00	0.28	0.75	1.31	1.78	2.17	2.53	2.86	3.11	3.30
2600	0.00	0.28	0.78	1.37	1.86	2.25	2.64	2.98	3.23	3.43
2700	0.00	0.29	0.82	1.42	1.93	2.35	2.73	3.08	3.36	3.57
2800	0.00	0.31	0.84	1.47	2.00	2.43	2.84	3.20	3.49	3.69
2900	0.00	0.32	0.87	1.53	2.08	2.52	2.95	3.31	3.61	3.82
3000	0.00	0.34	0.90	1.58	2.14	2.60	3.04	3.43	3.74	3.95
3100	0.00	0.35	0.94	1.64	2.21	2.68	3.15	3.54	3.86	4.09
3200	0.00	0.35	0.97	1.68	2.29	2.77	3.24	3.66	3.98	4.22
3300	0.00	0.36	0.99	1.73	2.36	2.86	3.35	3.77	4.10	4.36
3400	0.00	0.38	1.02	1.78	2.43	2.95	3.44	3.89	4.24	4.48
3500	0.00	0.39	1.06	1.84	2.51	3.03	3.55	3.99	4.36	4.61
3600	0.00	0.40	1.09	1.89	2.57	3.12	3.66	4.12	4.48	4.75
3700	0.00	0.42	1.11	1.94	2.64	3.20	3.75	4.22	4.61	4.88
3800	0.00	0.42	1.14	2.00	2.72	3.30	3.86	4.34	4.73	5.01

# POWER KING DRIVE SELECTION

## Procedure 1: Calculation of Design Horsepower

Calculate the design horsepower from the following equation.

$$\text{Design Horsepower} = \text{Transmission Horsepower} \times \text{Service Factor}$$

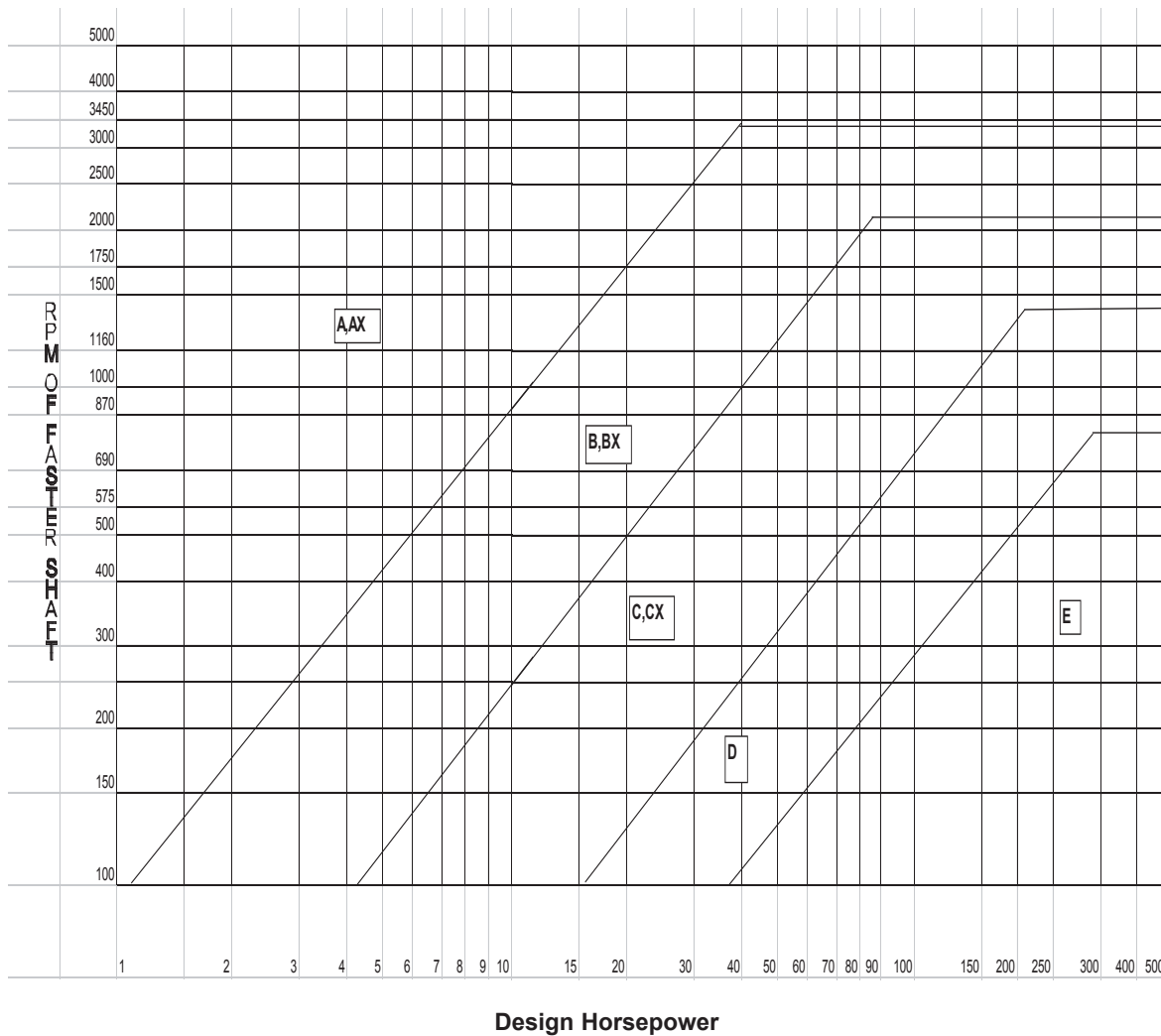
Refer to the driveN machines listed in Table 1 on page 3 and select the corresponding service factor.

## Procedure 2. Selection of Belt Section

From Figure 3, select the belt section according to the transmission horsepower computed using Procedure 1 and the faster sheave's rpm.

BELT SELECTION CHART

Figure 3





**Procedure 3: Calculation of Speed Ratio**

Determine the speed ratio from either of the following equations.

$$\text{Speed Ratio} = \frac{\text{Faster Sheave's rpm}}{\text{Slower Sheave's rpm}}$$

or

$$\text{Speed Ratio} = \frac{\text{Large Sheave's Datum Diameter}}{\text{Small Sheave's Datum Diameter}}$$

**Procedure 4. Selection of Sheave Combination**

Using Table 17 below and the speed ratio, determine the pulley combination. Choose one of the sheaves, preferably the faster, from Table 17 and calculate the outer diameter of the other sheave using the speed ratio.

**Procedure 5. Selection of Belt Size**

Using the given center distance and the size of the large and small sheaves selected, calculate the belt length. For this purpose the following equation is used.

$$\text{Belt size} = 2C + 1.57 (D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

C = Center Distance

D = Datum Diameter of Large Sheave

d = Datum Diameter of Small Sheave

The following procedure applies to Power King, Power King Combo, Power King Cog and Power King Cog Combo.

**Example:** Customer needs a V-belt drive for a crusher that is in operation continuously.

Driving motor: 15 Hp @ 400 RPM

Driven pulley: 300 RPM, Datum Diameter 12.4"

Center Distance: 45.8

Design HP = Transmission HP x Service Factor

Design HP = 15 x 1.8 (from Table 1) = 27

The belt section according to design horsepower and Fig. 3-> B

A 1.33:1 ratio is needed as per the formula below.

$$\text{Speed ratio} = \frac{400}{300} = 1.33:1 \text{ ratio}$$

Select a 9.4" drive sheave and a 12.4" driven sheave, or any desired combination that achieves 1.33:1 ratio from Table 17.

If your center distance is known to be 45.8 inches then:

$$\text{Belt size} = 2(45.8) + 1.57(12.4+9.4) + \frac{(12.4-9.4)^2}{4(45.8)} = 125.8"$$

Select nearest available belt size from the catalog. The B124 has the closest datum length and should be used in this circumstance.

**STANDARD SHEAVE DATUM DIAMETERS**

**Table 17**

A & AX	B/B COMBO & BX	C/C COMBO & CX	D/D COMBO	E
2.20*	4.0*	7.0*	13.0	21.0*
2.40*	4.2*	7.5*	13.5	21.6
2.60*	4.4*	8.0*	14.0	22.0
2.80*	4.6*	8.5*	14.5	22.4
3.0	4.8*	9.0	15.0	22.8
3.2	5.0*	9.5	15.5	23.2
3.4	5.2*	10.0	16.0	23.6
3.6	5.4	10.5	17.0	24.0
3.8	5.6	11.0	18.0	27.0
4.0	5.8	12.0	20.0	31.0
4.2	6.0	13.0	22.0	35.0
4.6	6.4	14.0	24.0	40.0
4.8	6.8	16.0	27.0	46.0
5.0	7.0	18.0	33.0	52.0
5.2	7.4	20.0	40.0	58.0
5.6	8.0	24.0	48.0	66.0
5.8	8.6	27.0	58.0	74.0
6.0	9.4	30.0		84.0
6.2	11.0	36.0		96.0
6.4	12.4	44.0		
6.6	13.6	50.0		
7.0	15.4			
8.2	16.0			
9.0	18.4			
10.6	20.0			
12.0	25.0			
15.0	30.0			
15.6	38.0			
18.0				
19.6				

\*Sub-minimum sheave diameter for Power King belts. Use only Power King Cog belts.

# POWER KING DRIVE SELECTION

## Procedure 6: Calculation of Standard Transmission Horsepower

Standard Transmission = transmission horsepower + speed ratio adder

Refer to Table 18 to determine the appropriate page # to determine base horsepower and speed ratio adder.

Table 18

	Page	Table
A HP Ratings	22	22
A Speed Ratio Adder	23	23
B HP Ratings	24	24
B Speed Ratio Adder	25	25
C HP Ratings	26	26
C Speed Ratio Adder	27	27
D HP Ratings	28	28
D Speed Ratio Adder	29	29
E HP Ratings	30	30
E Speed Ratio Adder	31	31
AX HP Ratings	32	32
AX Speed Ratio Adder	33	33
BX HP Ratings	34	34
BX Speed Ratio Adder	35	35
CX HP Ratings	36	36
CX Speed Ratio Adder	37	37

COEFFICIENT OF ARC OF CONTACT Table 19

(D-d)/c	Arc of Contact on Small Sheave (Degrees)	Correction Factor
0.00	180	1.00
0.10	174	0.99
0.20	169	0.97
0.30	163	0.96
0.40	157	0.94
0.50	151	0.93
0.60	145	0.91
0.70	139	0.89
0.80	133	0.87
0.90	127	0.85
1.00	120	0.82
1.10	113	0.80
1.20	106	0.77
1.30	99	0.73
1.40	91	0.70
1.50	83	0.65

## Procedure 7. Calculation of Number of Belts

Calculate the number of belts from the next equation.

$$\text{Number of Belts} = \frac{\text{Design HP}}{\text{Standard Transmission HP} \times \text{Coefficient of Arc of Contact (see Table 19)} \times \text{Coefficient of Belt Length (see Table 20)}}$$

Coefficient of Belt Length

Table 20

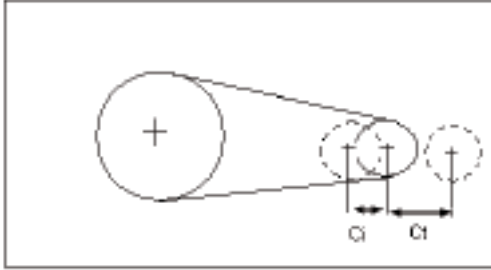
A,AX Section			B,BX Section			C,CX Section			D Section		E Section	
V-Belt Number	V-Belt Number	Belt Length Correction Factor	V-Belt Number	V-Belt Number	Belt Length Correction Factor	V-Belt Number	V-Belt Number	Belt Length Correction Factor	V-Belt Number	Belt Length Correction Factor	V-Belt Number	Belt Length Correction Factor
A-26	AX26	.75	B-35	BX35	0.77	CX51	C-51	0.77	D-120	0.86	E-180	0.92
A-31	AX31	.79	B-38	BX38	0.79	CX60	C-60	0.81	D-128	0.88	E-195	0.93
A-35	AX35	.82	B-42	BX42	0.81	CX68	C-68	0.83	D-144	0.90	E-210	0.95
A-38	AX38	.85	B-46	BX46	0.83	CX75	C-75	0.86	D-158	0.92	E-240	0.97
A-42	AX42	.87	B-51	BX51	0.86	CX81	C-81	0.87	D-173	0.94	E-270	0.99
A-46	AX46	.90	B-55	BX55	0.88	CX85	C-85	0.88	D-180	0.94	E-300	1.01
A-51	AX51	.92	B-60	BX60	0.90	CX90	C-90	0.90	D-195	0.96	E-330	1.03
A-56	AX56	.94	B-68	BX68	0.93	CX96	C-96	0.91	D-210	0.98	E-360	1.04
A-60	AX60	.97	B-75	BX75	0.95	CX105	C-105	0.93	D-240	1.00	E-390	1.06
A-68	AX68	1.00	B-81	BX81	0.97	CX112	C-112	0.94	D-270	1.02	E-420	1.07
A-75	AX75	1.03	B-85	BX85	0.99	CX120	C-120	0.96	D-300	1.05	E-480	1.09
A-80	AX80	1.04	B-90	BX90	1.00	CX128	C-128	0.97	D-330	1.06	E-540	1.11
A-85	AX85	1.06	B-97	BX97	1.02	CX144	C-144	1.00	D-360	1.08	E-600	1.13
A-90	AX90	1.08	B-105	BX105	1.04	CX158	C-158	1.02	D-390	1.10	E-660	1.15
A-95	AX95	1.09	B-112	BX112	1.05	CX173	C-173	1.04	D-420	1.11		
A-105	AX105	1.12	B-120	BX120	1.07	CX180	C-180	1.05	D-480	1.14		
A-112	AX112	1.13	B-128	BX128	1.09	CX195	C-195	1.07	D-540	1.16		
A-120	AX120	1.15	B-144	BX144	1.12	CX210	C-210	1.08	D-600	1.19		
A-128	AX128	1.17	B-158	BX158	1.14	CX240	C-240	1.11	D-660	1.21		
			B-173	BX173	1.16	CX270	C-270	1.14				
			B-180	BX180	1.17	CX300	C-300	1.16				
			B-195	BX195	1.19	CX330	C-330	1.18				
			B-210	BX210	1.21	CX360	C-360	1.20				
			B-240	BX240	1.24	CX390	C-390	1.22				
			B-270	BX270	1.27	CX420	C-420	1.24				
			B-300	BX300	1.30							

# POWER KING DRIVE SELECTION

## Procedure 8: Check the Center Distance Adjustment

Determine the minimum center distance allowance for installation & tensioning from Table 20.

Fig. 4



### Example cont.

Determine the Base HP rating and speed ratio adder from the HP ratings charts. Table 18 provides the appropriate page # and table # for the HP ratings charts.

For B belt running on 9.4" diameter sheave @ 400 RPM

Standard Transmission HP = Base HP ratings + Speed Ratio Adder

Standard Transmission = 5.03 (Table 24) + .20 (Table 25) = 5.23

$$\# \text{ of Belts} = \frac{\text{Design HP}}{\text{Standard Transmission HP} \times \text{Coefficient of Arc of Contact} \times \text{Coefficient of Belt Length}} = \frac{27}{(5.23 \times 0.99 \times 1.09)} = 4.78 \sim 5$$

(see Table 19)                      (see Table 20)

Therefore, 5- B124 belts are to be used in this drive.

MINIMUM CENTER DISTANCE ALLOWANCES FOR BELT INSTALLATION AND TAKE-UP Table 21

V-Belt Length	-Ci- Minimum Center Distance Allowance For Installation (Inches)					-Ct- Minimum Center Distance Allowance for Initial Tensioning and Subsequent Take-Up (Inches)
	A,AX	B,BX	C,CX	D	E	All Cross Sections
	Power King/ Cog	Power King/Cog Combo	Power King/Cog Combo	Power King	Power King	All Types
26 Thru 35	0.75	1.00				1.00
38 Thru 55	0.75	1.00	1.50			1.50
60 Thru 85	0.75	1.25	1.50			2.00
90 Thru 112	1.00	1.25	1.50			2.50
120 Thru 144	1.00	1.25	1.50	2.00		3.00
158 Thru 180		1.25	2.00	2.00	2.50	3.50
195 and 210		1.50	2.00	2.00	2.50	4.00
240		1.50	2.00	2.50	2.50	4.50
270 and 300		1.50	2.00	2.50	3.00	5.00
300 Thru 390			2.00	2.50	3.00	6.00
420 and Over			2.25	3.00	3.50	1.5% of Belt Length

# STANDARD A TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 22

RPM	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20	4.40	4.60	4.80	5.00	5.20	5.40	5.60	5.80	6.00	6.40	7.00
485	0.68	0.79	0.91	1.04	1.14	1.27	1.39	1.51	1.63	1.70	1.84	1.97	2.10	2.18	2.34	2.43	2.59	2.83
575	0.76	0.91	1.05	1.18	1.32	1.46	1.61	1.74	1.88	1.97	2.12	2.27	2.43	2.52	2.71	2.81	2.99	3.28
690	0.87	1.04	1.20	1.36	1.53	1.69	1.86	2.02	2.19	2.29	2.47	2.64	2.82	2.93	3.15	3.28	3.50	3.83
725	0.91	1.08	1.25	1.42	1.58	1.76	1.93	2.11	2.28	2.38	2.57	2.75	2.94	3.05	3.28	3.41	3.64	3.98
870	1.04	1.23	1.43	1.63	1.82	2.03	2.24	2.45	2.65	2.77	2.98	3.21	3.43	3.55	3.82	3.98	4.25	4.64
950	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96	2.17	2.40	2.62	2.84	2.96	3.20	3.43	3.68	3.81	4.10	4.27	4.55	4.98
1160	1.25	1.51	1.77	2.03	2.27	2.53	2.81	3.06	3.33	3.48	3.76	4.04	4.32	4.48	4.81	5.02	5.36	5.86
1425	1.43	1.74	2.04	2.34	2.66	2.96	3.28	3.60	3.90	4.07	4.41	4.73	5.07	5.26	5.65	5.89	6.28	6.87
1750	1.61	1.97	2.34	2.71	3.06	3.42	3.80	4.19	4.55	4.75	5.15	5.53	5.92	6.14	6.60	6.87	7.32	8.01
2850	2.03	2.57	3.11	3.64	4.15	4.66	5.21	5.74	6.25	6.52	7.05	7.56	8.08	8.38	9.00	9.28	9.90	10.83
3450	2.12	2.74	3.35	3.95	4.54	5.09	5.71	6.29	6.84	7.13	7.69	8.22	8.73	9.06	9.73	9.91	10.57	11.56
200	0.34	0.39	0.45	0.50	0.56	0.60	0.66	0.72	0.77	0.80	0.86	0.93	0.98	1.02	1.10	1.13	1.21	1.32
400	0.59	0.68	0.79	0.89	0.98	1.08	1.19	1.28	1.39	1.45	1.57	1.68	1.79	1.85	1.99	2.06	2.19	2.40
600	0.79	0.94	1.08	1.23	1.36	1.50	1.66	1.81	1.95	2.04	2.19	2.35	2.51	2.60	2.79	2.91	3.11	3.40
800	0.97	1.16	1.35	1.53	1.72	1.89	2.09	2.29	2.48	2.59	2.79	2.99	3.19	3.31	3.55	3.70	3.95	4.32
1000	1.13	1.36	1.59	1.81	2.03	2.26	2.50	2.73	2.96	3.09	3.34	3.58	3.83	3.98	4.27	4.45	4.75	5.20
1200	1.28	1.55	1.81	2.07	2.33	2.60	2.87	3.16	3.42	3.57	3.87	4.14	4.44	4.60	4.94	5.15	5.50	6.01
1400	1.42	1.72	2.02	2.32	2.61	2.91	3.24	3.54	3.85	4.02	4.36	4.68	5.00	5.19	5.57	5.81	6.20	6.78
1600	1.53	1.87	2.21	2.55	2.89	3.21	3.58	3.92	4.26	4.45	4.82	5.18	5.54	5.75	6.17	6.43	6.86	7.50
1800	1.63	2.02	2.38	2.76	3.13	3.49	3.89	4.27	4.65	4.85	5.26	5.65	6.04	6.26	6.73	7.01	7.48	8.18
2000	1.73	2.15	2.56	2.96	3.36	3.76	4.18	4.60	5.00	5.22	5.65	6.08	6.50	6.74	7.24	7.54	8.04	8.80
2200	1.82	2.26	2.71	3.15	3.57	3.99	4.45	4.91	5.34	5.57	6.03	6.48	6.93	7.19	7.72	8.03	8.56	9.36
2400	1.89	2.37	2.85	3.31	3.77	4.22	4.71	5.19	5.65	5.90	6.39	6.85	7.33	7.60	8.16	8.46	9.03	9.87
2600	1.96	2.47	2.97	3.46	3.95	4.43	4.95	5.44	5.93	6.19	6.70	7.19	7.68	7.97	8.56	8.86	9.45	10.33
2800	2.02	2.55	3.08	3.61	4.11	4.62	5.15	5.68	6.19	6.45	6.99	7.50	8.00	8.29	8.91	9.20	9.81	10.73
3000	2.06	2.63	3.19	3.73	4.26	4.78	5.36	5.90	6.42	6.70	7.25	7.77	8.27	8.58	9.22	9.48	10.11	11.06
3200	2.10	2.68	3.27	3.84	4.40	4.94	5.52	6.09	6.62	6.91	7.46	7.99	8.50	8.81	9.46	9.71	10.36	11.33
3400	2.11	2.74	3.34	3.92	4.51	5.07	5.67	6.25	6.80	7.09	7.65	8.18	8.69	9.02	9.68	9.88	10.54	11.53
3600	2.12	2.76	3.39	4.00	4.60	5.18	5.80	6.38	6.94	7.24	7.80	8.33	8.83	9.15	9.83	9.99	10.66	11.66
3800	2.14	2.79	3.45	4.07	4.69	5.27	5.90	6.49	7.05	7.35	7.93	8.44	8.92	9.25	9.93			
4000	2.12	2.81	3.47	4.11	4.74	5.34	5.98	6.57	7.13	7.44	7.99	8.50	8.97	9.30	9.99			
4200	2.11	2.81	3.49	4.14	4.78	5.38	6.03	6.62	7.18	7.49	8.04	8.52						
4400	2.08	2.79	3.49	4.15	4.79	5.41	6.04	6.65	7.19	7.51	8.04							
4600	2.04	2.76	3.47	4.15	4.79	5.41	6.04	6.63	7.17	7.48								
4800	1.99	2.72	3.45	4.13	4.77	5.38	6.02	6.59	7.10	7.41								
5000	1.92	2.67	3.39	4.09	4.73	5.34	5.96	6.51										
5200	1.85	2.61	3.34	4.02	4.66	5.27	5.87											
5400	1.76	2.53	3.26	3.94	4.58	5.16	5.76											
5600	1.66	2.42	3.16	3.84	4.47	5.04												
5800	1.54	2.32	3.04	3.72	4.33													
6000	1.42	2.19	2.91	3.57	4.17													
6200	1.28	2.04	2.75	3.40														
6400	1.13	1.89	2.59															
6600	0.97	1.72	2.40															
6800	0.78	1.53																
7000	0.59	1.31																

# STANDARD A TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 23

RPM	1.00-1.01	1.02-1.03	1.04-1.06	1.07-1.08	1.09-1.12	1.13-1.18	1.17-1.22	1.23-1.32	1.33-1.50	1.51+
485	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.09	0.11
575	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.12	0.13
690	0.00	0.01	0.04	0.05	0.07	0.08	0.11	0.12	0.13	0.16
725	0.00	0.01	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.15	0.16
870	0.00	0.03	0.04	0.07	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20
950	0.00	0.03	0.05	0.07	0.09	0.12	0.15	0.16	0.19	0.21
1160	0.00	0.03	0.05	0.08	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25
1425	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.17	0.21	0.25	0.28	0.32
1750	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.21	0.27	0.31	0.35	0.39
2850	0.00	0.07	0.15	0.21	0.28	0.35	0.43	0.50	0.56	0.64
3450	0.00	0.08	0.17	0.25	0.35	0.43	0.51	0.60	0.68	0.78
200	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
400	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.09
600	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
800	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08	0.09	0.12	0.13	0.16	0.17
1000	0.00	0.03	0.05	0.08	0.09	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23
1200	0.00	0.03	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.21	0.24	0.27
1400	0.00	0.04	0.07	0.11	0.13	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31
1600	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
1800	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.23	0.27	0.31	0.36	0.40
2000	0.00	0.05	0.09	0.15	0.20	0.25	0.29	0.35	0.40	0.44
2200	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.34	0.39	0.44	0.50
2400	0.00	0.05	0.12	0.17	0.24	0.29	0.36	0.42	0.48	0.54
2600	0.00	0.07	0.13	0.20	0.25	0.32	0.39	0.46	0.52	0.58
2800	0.00	0.07	0.13	0.21	0.28	0.35	0.42	0.48	0.56	0.63
3000	0.00	0.08	0.15	0.23	0.29	0.38	0.44	0.52	0.60	0.67
3200	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.71
3400	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.43	0.51	0.59	0.68	0.76
3600	0.00	0.09	0.17	0.27	0.36	0.44	0.54	0.63	0.72	0.80
3800	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56	0.66	0.75	0.86
4000	0.00	0.09	0.20	0.29	0.40	0.50	0.60	0.70	0.79	0.90
4200	0.00	0.11	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.74	0.83	0.94
4400	0.00	0.11	0.21	0.34	0.44	0.55	0.66	0.76	0.87	0.99
4600	0.00	0.12	0.23	0.35	0.46	0.58	0.68	0.80	0.91	1.03
4800	0.00	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.83	0.95	1.07
5000	0.00	0.12	0.25	0.38	0.50	0.62	0.75	0.87	0.99	1.13
5200	0.00	0.13	0.25	0.39	0.52	0.64	0.78	0.91	1.03	1.17
5400	0.00	0.13	0.27	0.40	0.54	0.67	0.80	0.94	1.07	1.21
5600	0.00	0.13	0.28	0.42	0.56	0.70	0.83	0.98	1.11	1.26
5800	0.00	0.15	0.29	0.43	0.58	0.72	0.87	1.01	1.15	1.30
6000	0.00	0.15	0.29	0.44	0.60	0.75	0.90	1.05	1.19	1.34
6200	0.00	0.16	0.31	0.47	0.62	0.78	0.92	1.09	1.23	1.39
6400	0.00	0.16	0.32	0.48	0.64	0.79	0.95	1.11	1.27	1.43
6600	0.00	0.16	0.34	0.50	0.66	0.82	0.99	1.15	1.31	1.47
6800	0.00	0.17	0.34	0.51	0.67	0.84	1.02	1.18	1.35	1.53
7000	0.00	0.17	0.35	0.52	0.70	0.87	1.05	1.22	1.39	1.57

# STANDARD B TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 24

RPM	4.6*	4.8*	5.0*	5.2*	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.4	8.0	8.6	9.4	11.0
485	1.79	2.01	2.23	2.45	2.55	2.64	2.97	3.07	3.25	3.35	3.60	3.70	3.54	4.28	4.74	5.22	5.94	7.41
575	2.04	2.30	2.55	2.81	2.92	3.02	3.41	3.53	3.73	3.85	4.14	4.26	4.08	4.93	5.46	6.02	6.85	8.56
690	2.35	2.64	2.94	3.24	3.36	3.49	3.95	4.09	4.31	4.45	4.80	4.94	4.74	5.73	6.35	7.00	7.96	9.94
725	2.43	2.75	3.04	3.36	3.49	3.62	4.10	4.24	4.50	4.64	4.98	5.13	4.94	5.97	6.60	7.29	8.29	10.35
870	2.77	3.14	3.51	3.88	4.03	4.18	4.74	4.90	5.18	5.35	5.76	5.94	5.70	6.90	7.65	8.44	9.60	11.97
950	2.96	3.35	3.74	4.15	4.31	4.47	5.07	5.25	5.55	5.73	6.17	6.36	6.12	7.40	8.20	9.05	10.28	12.83
1160	3.38	3.86	4.32	4.81	4.99	5.18	5.90	6.10	6.46	6.67	7.19	7.41	7.12	8.62	9.55	10.54	11.96	14.87
1425	3.88	4.43	4.98	5.55	5.76	5.98	6.83	7.06	7.49	7.74	8.34	8.59	8.27	10.00	11.07	12.20	13.81	17.09
1750	4.37	5.03	5.67	6.34	6.58	6.82	7.82	8.09	8.59	8.87	9.56	9.85	9.46	11.43	12.65	13.89	15.65	19.18
1850	5.27	6.17	7.03	7.92	8.22	8.53	9.78	10.12	10.71	11.06	11.84	12.20	11.63	13.88	15.14			
3450	5.20	6.17	7.07	7.97	8.27	8.58	9.80	10.13	10.69	11.03								
100	0.50	0.55	0.61	0.66	0.68	0.71	0.78	0.80	0.84	0.96	0.94	0.97	0.92	1.10	1.21	1.33	1.51	1.87
200	0.89	0.99	1.08	1.18	1.22	1.27	1.41	1.46	1.54	1.59	1.71	1.76	1.67	2.02	2.22	2.44	2.77	3.44
300	1.23	1.37	1.51	1.66	1.72	1.78	1.99	2.06	2.18	2.25	2.41	2.48	2.36	2.85	3.15	3.47	3.93	4.91
400	1.55	1.73	1.91	2.10	2.18	2.26	2.54	2.62	2.77	2.86	3.05	3.15	3.02	3.63	4.03	4.43	5.03	6.28
500	1.84	2.07	2.28	2.52	2.61	2.71	3.04	3.15	3.32	3.43	3.69	3.80	3.64	4.39	4.86	5.36	6.09	7.61
600	2.11	2.38	2.63	2.91	3.02	3.13	3.53	3.65	3.87	3.99	4.28	4.41	4.22	5.11	5.65	6.24	7.09	8.87
700	2.38	2.67	2.97	3.28	3.40	3.53	3.99	4.13	4.37	4.51	4.85	5.00	4.80	5.80	6.43	7.09	8.06	10.06
800	2.61	2.95	3.29	3.64	3.78	3.92	4.43	4.59	4.85	5.01	5.39	5.56	5.34	6.46	7.15	7.89	8.98	11.21
900	2.84	3.23	3.59	3.98	4.14	4.29	4.87	5.03	5.33	5.50	5.53	5.69	5.86	7.08	7.86	8.67	9.86	12.31
1000	3.07	3.48	3.88	4.31	4.48	4.64	5.27	5.46	5.78	5.96	6.42	6.62	6.36	7.69	8.54	9.41	10.70	13.34
1100	3.27	3.73	4.17	4.62	4.79	4.97	5.67	5.86	6.21	6.41	6.91	7.12	6.85	8.27	9.18	10.12	11.50	14.32
1200	3.46	3.95	4.42	4.92	5.11	5.30	6.04	6.25	6.62	6.84	7.38	7.60	7.30	8.83	9.79	10.80	12.26	15.24
1300	3.65	4.17	4.68	5.21	5.41	5.61	6.45	6.67	7.02	7.25	7.81	8.05	7.74	9.36	10.38	11.45	12.98	16.10
1400	3.84	4.38	4.91	5.49	5.70	5.91	6.75	6.98	7.40	7.64	8.23	8.48	8.16	9.87	10.94	12.06	13.64	16.90
1500	4.00	4.58	5.15	5.74	5.96	6.18	7.07	7.31	7.76	8.01	8.64	8.91	8.56	10.36	11.47	12.62	14.28	17.64
1600	4.15	4.77	5.37	5.99	6.22	6.46	7.39	7.64	8.10	8.36	9.03	9.30	8.93	10.81	11.97	13.16	14.86	18.32
1700	4.30	4.94	5.57	6.22	6.46	6.70	7.68	7.95	8.43	8.70	9.38	9.67	9.29	11.23	12.43	13.66	15.39	18.91
1800	4.43	5.11	5.76	6.45	6.70	6.95	7.96	8.24	8.73	9.02	9.72	10.01	9.63	11.63	12.86	14.13	15.88	19.44
1900	4.57	5.27	5.95	6.65	6.91	7.16	8.22	8.50	9.02	9.32	10.03	10.34	9.94	11.99	13.25	14.54	16.31	19.89
2000	4.69	5.41	6.11	6.85	7.12	7.38	8.46	8.75	9.29	9.59	10.34	10.65	10.22	12.33	13.62	14.93	16.69	20.25
2100	4.79	5.54	6.27	7.03	7.30	7.57	8.69	8.99	9.54	9.85	10.60	10.92	10.48	12.64	13.95	15.28	17.02	20.55
220	4.88	5.66	6.41	7.20	7.47	7.75	8.89	9.20	9.76	10.08	10.85	11.18	10.72	12.92	14.24	15.57	17.29	
2300	4.98	5.78	6.55	7.35	7.63	7.91	9.08	9.40	9.97	10.30	11.08	11.41	10.94	13.15	14.49	15.81	17.49	
2400	5.04	5.87	6.67	7.49	7.77	8.06	9.26	9.58	10.16	10.49	11.27	11.62	11.13	13.37	14.71	16.02	17.64	
2500	5.11	5.96	6.77	7.61	7.91	8.20	9.40	9.73	10.32	10.65	11.45	11.79	11.28	13.55	14.87	16.17		
2600	5.18	6.04	6.86	7.71	8.01	8.31	9.54	9.87	10.46	10.80	11.59	11.94	11.42	13.69	15.01	16.28		
2700	5.22	6.11	6.94	7.80	8.10	8.40	9.64	9.98	10.58	10.92	11.72	12.08	11.52	13.79	15.10	16.34		
2800	5.26	6.16	7.00	7.88	8.18	8.48	9.75	10.08	10.67	11.02	11.82	12.17	11.59	13.86	15.14			
2900	5.28	6.20	7.05	7.94	8.25	8.55	9.81	10.15	10.74	11.09	11.88	12.24	11.64	13.90				
3000	5.28	6.22	7.09	7.99	8.30	8.61	9.86	10.20	10.79	11.14	11.91	12.27	11.67	13.88				
3100	5.30	6.24	7.12	8.02	8.33	8.63	9.89	10.23	10.82	11.17	11.92	12.28	11.65					
3200	5.28	6.24	7.12	8.02	8.33	8.63	9.89	10.23	10.80	11.15	11.90	12.26						
3300	5.26	6.22	7.12	8.02	8.33	8.63	9.86	10.20	10.78	11.13	11.84	12.20						
3400	5.23	6.20	7.09	7.99	8.30	8.61	9.82	10.16	10.73	11.07								
3500	5.18	6.15	7.05	7.94	8.25	8.55	9.76	10.10	10.65	10.99								
3600	5.12	6.09	6.99	7.88	8.18	8.48	9.66	9.99										
3700	5.04	6.03	6.93	7.80	8.10	8.40												
3800	4.96	5.94	6.84	7.70	8.00	8.29												
3900	4.87	5.84	6.72	7.59	7.88	8.17												
4000	4.75	5.73	6.60	7.44	7.72	8.01												

\* Belt life may be reduced due to sub-minimum sheave diameter.

# STANDARD B TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 25

RPM	1.00-1.01	1.02-1.03	1.04-1.06	1.07-1.08	1.09-1.12	1.13-1.16	1.17-1.22	1.23-1.32	1.33-1.50	1.51+
485	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24
575	0.00	0.03	0.07	0.09	0.13	0.16	0.19	0.23	0.25	0.28
69	0.00	0.04	0.08	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
725	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
870	0.00	0.05	0.09	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43
950	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.38	0.43	0.47
1160	0.00	0.07	0.13	0.19	0.25	0.32	0.39	0.46	0.51	0.58
1425	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.47	0.55	0.63	0.71
1750	0.00	0.09	0.20	0.29	0.39	0.48	0.59	0.68	0.78	0.87
1850	0.00	0.16	0.32	0.48	0.63	0.79	0.95	1.11	1.27	1.42
3450	0.00	0.19	0.39	0.58	0.76	0.97	1.15	1.34	1.53	1.73
100	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
200	0.00	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09
300	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.12	0.13	0.15
400	0.00	0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.20
500	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.23	0.25
600	0.00	0.03	0.07	0.09	0.13	0.16	0.20	0.23	0.27	0.29
700	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.31	0.35
800	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.23	0.27	0.31	0.36	0.40
900	0.00	0.05	0.09	0.15	0.20	0.25	0.29	0.35	0.40	0.46
1000	0.00	0.05	0.11	0.16	0.23	0.28	0.34	0.39	0.44	0.50
1100	0.00	0.07	0.12	0.19	0.24	0.31	0.36	0.43	0.48	0.55
1200	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.60
1300	0.00	0.07	0.15	0.21	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.64
1400	0.00	0.08	0.16	0.23	0.31	0.39	0.47	0.55	0.62	0.70
1500	0.00	0.08	0.16	0.25	0.34	0.42	0.50	0.58	0.67	0.75
1600	0.00	0.09	0.17	0.27	0.36	0.44	0.54	0.62	0.71	0.80
1700	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56	0.66	0.75	0.84
1800	0.00	0.09	0.20	0.29	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
1900	0.00	0.11	0.21	0.32	0.42	0.52	0.63	0.74	0.84	0.95
2000	0.00	0.11	0.23	0.34	0.44	0.55	0.67	0.78	0.88	1.01
2100	0.00	0.12	0.23	0.35	0.47	0.59	0.70	0.82	0.94	1.05
220	0.00	0.12	0.24	0.36	0.48	0.62	0.74	0.86	0.98	1.10
2300	0.00	0.13	0.25	0.39	0.51	0.64	0.76	0.90	1.02	1.15
2400	0.00	0.13	0.27	0.40	0.54	0.67	0.80	0.94	1.07	1.21
2500	0.00	0.13	0.28	0.42	0.55	0.70	0.83	0.97	1.11	1.25
2600	0.00	0.15	0.29	0.43	0.58	0.72	0.87	1.01	1.15	1.30
2700	0.00	0.15	0.29	0.46	0.60	0.75	0.90	1.05	1.21	1.35
2800	0.00	0.16	0.31	0.47	0.62	0.78	0.94	1.09	1.25	1.39
2900	0.00	0.16	0.32	0.48	0.64	0.80	0.97	1.13	1.29	1.45
3000	0.00	0.16	0.34	0.50	0.67	0.83	1.01	1.17	1.34	1.50
3100	0.00	0.17	0.35	0.52	0.68	0.86	1.03	1.21	1.38	1.55
3200	0.00	0.17	0.36	0.54	0.71	0.88	1.07	1.25	1.42	1.60
3300	0.00	0.19	0.36	0.55	0.74	0.91	1.10	1.29	1.46	1.65
3400	0.00	0.19	0.38	0.56	0.75	0.94	1.14	1.33	1.51	1.70
3500	0.00	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.17	1.35	1.55	1.76
3600	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.01	1.21	1.39	1.60	1.80
3700	0.00	0.20	0.42	0.62	0.82	1.03	1.23	1.43	1.65	1.85
3800	0.00	0.21	0.43	0.63	0.84	1.06	1.27	1.47	1.69	1.90
3900	0.00	0.21	0.43	0.66	0.87	1.09	1.30	1.51	1.73	1.94
4000	0.00	0.23	0.44	0.67	0.88	1.11	1.34	1.55	1.78	2.00

# STANDARD C TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 26

RPM	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	12.0	13.00	14.0	16.0
485	6.61	7.30	8.00	8.73	9.47	10.21	11.48	13.19	14.43	16.74
575	7.58	8.37	9.18	10.02	10.89	11.72	13.18	15.15	16.56	19.22
690	8.72	9.67	10.61	11.59	12.59	13.55	15.25	17.50	19.12	22.16
725	9.06	10.04	11.02	12.04	13.07	14.08	15.85	18.18	19.85	22.99
870	10.39	11.52	12.65	13.84	15.01	16.18	18.19	20.80	22.68	26.20
950	11.07	12.28	13.49	14.75	16.01	17.25	19.39	22.12	24.07	27.78
1160	12.70	14.10	15.49	16.94	18.37	19.77	22.17	25.07	27.19	31.19
1425	14.40	16.00	17.57	19.19	20.77	22.28	24.88	27.67	29.78	33.80
1750	15.93	17.69	19.38	21.10	22.73	24.26	26.84			
50	0.97	1.05	1.15	1.24	1.34	1.43	1.59	1.81	1.98	2.29
100	1.76	1.93	2.10	2.27	2.46	2.63	2.94	3.37	3.67	4.26
150	2.50	2.74	2.99	3.24	3.49	3.75	4.21	4.81	5.25	6.10
200	3.18	3.50	3.81	4.14	4.48	4.82	5.41	6.18	6.76	7.86
250	3.84	4.23	4.60	5.01	5.42	5.83	6.55	7.52	8.21	9.53
300	4.46	4.92	5.37	5.86	6.34	6.82	7.65	8.79	9.61	11.17
350	5.08	5.59	6.11	6.66	7.22	7.77	8.73	10.02	10.97	12.73
400	5.65	6.25	6.83	7.45	8.08	8.69	9.78	11.23	12.28	14.26
450	6.22	6.88	7.52	8.21	8.90	9.59	10.79	12.39	13.55	15.74
500	6.77	7.50	8.20	8.95	9.71	10.46	11.77	13.53	14.78	17.16
550	7.30	8.08	8.85	9.67	10.50	11.30	12.72	14.61	15.98	18.55
600	7.84	8.66	9.50	10.38	11.26	12.13	13.65	15.68	17.13	19.87
650	8.33	9.23	10.11	11.06	12.01	12.93	14.54	16.71	18.25	21.16
700	8.82	9.78	10.72	11.71	12.72	13.71	15.42	17.69	19.33	22.39
750	9.30	10.31	11.31	12.37	13.42	14.46	16.27	18.65	20.36	23.57
800	9.76	10.82	11.88	12.99	14.10	15.19	17.09	19.57	21.35	24.70
850	10.21	11.33	12.43	13.59	14.76	15.90	17.88	20.46	22.31	25.79
900	10.65	11.82	12.96	14.18	15.41	16.59	18.64	21.31	23.21	26.81
950	11.07	12.28	13.49	14.75	16.01	17.25	19.39	22.12	24.07	27.78
1000	11.48	12.75	13.99	15.31	16.62	17.90	20.10	22.88	24.90	28.69
1100	12.26	13.61	14.95	16.34	17.74	19.10	21.42	24.30	26.39	30.33
1200	12.98	14.42	15.83	17.31	18.78	20.20	22.63	25.55	27.67	31.70
1300	13.65	15.17	16.65	18.19	19.72	21.20	23.71	26.61	28.75	32.82
1400	14.26	15.84	17.39	19.00	20.57	22.08	24.66	27.48	29.60	33.64
1500	14.81	16.46	18.06	19.71	21.33	22.86	25.48	28.15	30.21	
1600	15.32	17.00	18.65	20.33	21.98	23.51	26.13	28.63		
1700	15.74	17.48	19.16	20.86	22.51	24.04	26.65			
1800	16.11	17.88	19.58	21.30	22.93	24.44	27.01			
1900	16.42	18.21	19.91	21.63	23.24	24.70	27.18			
2000	16.65	18.45	20.16	21.86	23.43	24.84				
2100	16.82	18.62	20.31	21.97	23.49					
2200	16.91	18.70	20.37	21.98						
2300	16.93	18.69	20.32							
2400	16.87	18.59	20.17							
2500	16.72	18.40								
2600	16.50									
2700	16.20									



# STANDARD C TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 27

RPM	1.00-1.01	1.02-1.03	1.04-1.06	1.07-1.08	1.09-1.12	1.13-1.16	1.17-1.22	1.23-1.32	1.33-1.50	1.51+
485	0.00	0.07	0.12	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.56
575	0.00	0.08	0.15	0.23	0.29	0.38	0.46	0.52	0.60	0.67
690	0.00	0.09	0.17	0.27	0.36	0.46	0.54	0.63	0.72	0.80
725	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56	0.66	0.75	0.84
870	0.00	0.11	0.23	0.34	0.46	0.56	0.68	0.79	0.91	1.02
950	0.00	0.12	0.24	0.38	0.50	0.62	0.74	0.87	0.99	1.11
1160	0.00	0.15	0.31	0.46	0.60	0.75	0.91	1.06	1.21	1.35
1425	0.00	0.19	0.38	0.56	0.74	0.92	1.11	1.30	1.49	1.68
1750	0.00	0.23	0.46	0.68	0.91	1.14	1.37	1.60	1.82	2.05
50	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
100	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12
150	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08	0.09	0.12	0.13	0.16	0.17
200	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23
250	0.00	0.03	0.07	0.09	0.13	0.16	0.20	0.23	0.25	0.29
300	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.31	0.35
350	0.00	0.04	0.09	0.13	0.19	0.23	0.27	0.32	0.36	0.42
400	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.25	0.31	0.36	0.42	0.47
450	0.00	0.05	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.42	0.47	0.52
500	0.00	0.07	0.13	0.20	0.25	0.32	0.39	0.46	0.52	0.59
550	0.00	0.07	0.15	0.21	0.28	0.36	0.43	0.50	0.58	0.64
600	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.70
650	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.43	0.51	0.59	0.68	0.76
700	0.00	0.09	0.19	0.27	0.36	0.46	0.55	0.64	0.72	0.82
750	0.00	0.09	0.20	0.29	0.39	0.48	0.59	0.68	0.78	0.88
800	0.00	0.11	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.72	0.83	0.94
850	0.00	0.11	0.23	0.34	0.44	0.55	0.67	0.78	0.88	0.99
900	0.00	0.12	0.24	0.35	0.47	0.59	0.70	0.82	0.94	1.06
950	0.00	0.12	0.24	0.38	0.50	0.62	0.74	0.87	0.99	1.11
1000	0.00	0.13	0.25	0.39	0.52	0.66	0.78	0.91	1.05	1.17
1100	0.00	0.15	0.28	0.43	0.58	0.71	0.86	1.01	1.15	1.29
1200	0.00	0.16	0.31	0.47	0.63	0.78	0.94	1.14	1.25	1.41
1300	0.00	0.17	0.34	0.51	0.68	0.84	1.02	1.18	1.35	1.53
1400	0.00	0.19	0.36	0.55	0.72	0.92	1.10	1.27	1.46	1.64
1500	0.00	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.17	1.37	1.57	1.76
1600	0.00	0.21	0.42	0.63	0.83	1.05	1.25	1.46	1.66	1.88
1700	0.00	0.23	0.44	0.67	0.88	1.11	1.33	1.55	1.77	2.00
1800	0.00	0.24	0.47	0.71	0.94	1.17	1.41	1.64	1.88	2.10
1900	0.00	0.24	0.50	0.74	0.99	1.23	1.49	1.73	1.98	2.23
2000	0.00	0.25	0.52	0.78	1.05	1.30	1.57	1.82	2.09	2.35
2100	0.00	0.27	0.55	0.82	1.10	1.37	1.64	1.92	2.18	2.47
2200	0.00	0.28	0.58	0.86	1.14	1.43	1.72	2.01	2.29	2.57
2300	0.00	0.29	0.60	0.90	1.19	1.50	1.76	2.09	2.40	2.69
2400	0.00	0.31	0.63	0.94	1.25	1.57	1.88	2.18	2.51	2.81
2500	0.00	0.32	0.66	0.98	1.30	1.62	1.96	2.28	2.60	2.94
2600	0.00	0.34	0.68	1.02	1.35	1.69	2.04	2.37	2.71	3.04
2700	0.00	0.35	0.71	1.06	1.41	1.76	2.10	2.45	2.81	3.16
2800	0.00	0.36	0.72	1.10	1.46	1.82	2.18	2.55	2.92	3.28
2900	0.00	0.38	0.75	1.14	1.51	1.89	2.27	2.64	3.02	3.40
3000	0.00	0.39	0.78	1.18	1.57	1.96	2.35	2.73	3.12	3.51

# STANDARD D SECTION TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 28

RPM	12.0	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	18.0	20.0	22.0
485	14.57	16.59	18.21	19.74	20.44	22.00	22.73	24.42	29.15	33.75	38.48
575	16.51	18.84	20.71	22.46	23.26	25.05	25.89	27.80	33.16	38.34	43.59
690	18.79	21.45	23.61	25.61	26.52	28.58	29.53	31.69	37.74	43.50	49.19
725	19.41	22.18	24.41	26.49	27.44	29.56	30.54	32.78	39.01	44.89	50.68
870	21.80	24.92	27.45	29.79	30.85	33.21	34.31	36.79	43.55	49.79	55.62
950	22.91	26.23	28.89	31.33	32.45	34.91	36.07	38.61	45.55	51.83	57.47
1160	25.20	28.85	31.77	34.38	35.61	38.20	39.48	42.04	48.92		
20	1.01	1.12	1.21	1.30	1.35	1.43	1.48	1.57	1.84	2.11	2.40
40	1.84	2.06	2.24	2.39	2.47	2.64	2.73	2.90	3.42	3.93	4.46
60	2.61	2.94	3.18	3.40	3.53	3.77	3.90	4.14	4.90	5.64	6.42
80	3.35	3.76	4.07	4.37	4.52	4.85	5.01	5.34	6.32	7.28	8.29
100	4.04	4.55	4.94	5.31	5.50	5.88	6.08	6.48	7.68	8.86	10.12
150	5.68	6.42	6.98	7.52	7.79	8.33	8.61	9.20	10.93	12.65	14.45
200	7.20	8.15	8.89	9.58	9.92	10.65	11.00	11.78	14.01	16.23	18.55
250	8.65	9.80	10.70	11.55	11.96	12.85	13.28	14.23	16.95	19.63	22.45
300	10.02	11.36	12.43	13.44	13.92	14.95	15.45	16.57	19.75	22.90	26.18
350	11.33	12.87	14.09	15.24	15.78	16.96	17.53	18.82	22.45	26.02	29.73
400	12.57	14.30	15.66	16.96	17.57	18.90	19.53	20.97	25.02	29.00	33.12
450	13.76	15.66	17.19	18.61	19.28	20.76	21.45	23.04	27.50	31.84	36.34
500	14.91	16.98	18.64	20.21	20.93	22.53	23.28	25.01	29.84	34.55	39.38
550	16.00	18.23	20.04	21.72	22.50	24.23	25.04	26.89	32.09	37.11	42.24
600	17.03	19.43	21.37	23.17	24.00	25.85	26.72	28.69	34.21	39.54	44.90
650	18.03	20.58	22.63	24.56	25.44	27.39	28.31	30.40	36.23	41.80	47.37
700	18.96	21.66	23.84	25.86	26.79	28.86	29.82	32.02	38.11	43.91	49.63
750	19.86	22.69	24.98	27.11	28.08	30.24	31.25	33.53	39.88	45.84	51.67
800	20.69	23.67	26.06	28.27	29.28	31.54	32.60	34.96	41.50	47.61	53.48
850	21.48	24.58	27.06	29.37	30.42	32.76	33.85	36.28	42.99	49.20	55.06
900	22.23	25.42	28.01	30.39	31.48	33.87	35.00	37.51	44.34	50.60	56.40
950	22.91	26.23	28.89	31.33	32.45	34.91	36.07	38.61	45.55	51.83	57.47
1000	23.54	26.96	29.68	32.20	33.35	35.85	37.04	39.62	46.62	52.84	58.28
1050	24.12	27.62	30.42	32.98	34.16	36.69	37.91	40.50	47.51	53.64	
1100	24.64	28.22	31.08	33.67	34.88	37.44	38.69	41.28	48.25	54.24	
1150	25.10	28.75	31.66	34.28	35.50	38.08	39.35	41.93	48.82		
1200	25.51	29.22	32.16	34.80	36.04	38.62	39.91	42.45	49.23		
1250	25.85	29.61	32.58	35.23	36.49	39.05	40.35	42.84	49.45		
1300	26.14	29.93	32.92	35.55	36.82	39.37	40.69	43.10			
1350	26.36	30.19	33.17	35.79	37.07	39.56	40.88	43.24			
1400	26.52	30.35	33.33	35.93	37.21	39.66	40.98	43.21			
1450	26.60	30.45	33.41	35.95	37.24	39.62	40.94				
1500	26.63	30.47	33.38	35.89	37.17	39.45	40.77				
1550	26.59	30.40	33.28	35.70	36.97						
1600	26.47	30.26	33.07	35.40	36.67						
1650	26.28	30.02	32.77								
1700	26.00	29.69	32.36								
1750	25.66	29.27									
1800	25.24	28.77									

# STANDARD D SECTION TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 29

RPM	1.00~1.01	1.02~1.03	1.04~1.06	1.07~1.08	1.09~1.12	1.13~1.16	1.17~1.22	1.23~1.32	1.33~1.50	1.51+
485	0.00	0.19	0.36	0.55	0.72	0.91	1.09	1.27	1.45	1.63
575	0.00	0.21	0.43	0.64	0.86	1.07	1.29	1.50	1.72	1.93
690	0.00	0.25	0.52	0.78	1.03	1.29	1.55	1.81	2.06	2.32
725	0.00	0.27	0.55	0.82	1.09	1.35	1.62	1.89	2.17	2.44
870	0.00	0.32	0.66	0.98	1.30	1.62	1.96	2.28	2.60	2.92
950	0.00	0.36	0.71	1.07	1.42	1.78	2.13	2.48	2.84	3.19
1160	0.00	0.43	0.87	1.30	1.73	2.17	2.60	3.03	3.47	3.90
20	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07
40	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
60	0.00	0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.20
80	0.00	0.03	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.21	0.24	0.27
100	0.00	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	0.23	0.27	0.29	0.34
150	0.00	0.05	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.39	0.44	0.51
200	0.00	0.08	0.15	0.23	0.29	0.38	0.44	0.52	0.60	0.67
250	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56	0.66	0.75	0.84
300	0.00	0.11	0.23	0.34	0.44	0.56	0.67	0.79	0.90	1.01
350	0.00	0.13	0.27	0.39	0.52	0.66	0.79	0.91	1.05	1.18
400	0.00	0.15	0.29	0.46	0.60	0.75	0.90	1.05	1.19	1.34
450	0.00	0.17	0.34	0.51	0.67	0.84	1.01	1.18	1.34	1.51
500	0.00	0.19	0.38	0.56	0.75	0.94	1.13	1.31	1.50	1.69
550	0.00	0.20	0.42	0.62	0.82	1.03	1.23	1.43	1.65	1.85
600	0.00	0.23	0.46	0.67	0.90	1.13	1.34	1.57	1.80	2.02
650	0.00	0.24	0.48	0.72	0.98	1.22	1.46	1.70	1.94	2.18
700	0.00	0.27	0.52	0.79	1.05	1.31	1.57	1.84	2.09	2.36
750	0.00	0.28	0.56	0.84	1.13	1.41	1.69	1.96	2.24	2.52
800	0.00	0.29	0.60	0.90	1.19	1.50	1.80	2.09	2.40	2.69
850	0.00	0.32	0.63	0.95	1.27	1.59	1.90	2.22	2.55	2.85
900	0.00	0.34	0.67	1.01	1.34	1.69	2.02	2.36	2.69	3.03
950	0.00	0.36	0.71	1.07	1.42	1.78	2.13	2.48	2.84	3.19
1000	0.00	0.38	0.75	1.13	1.50	1.88	2.24	2.61	2.99	3.36
1050	0.00	0.39	0.79	1.18	1.57	1.97	2.36	2.75	3.14	3.54
1100	0.00	0.42	0.82	1.23	1.65	2.05	2.47	2.88	3.30	3.70
1150	0.00	0.43	0.86	1.29	1.72	2.14	2.59	3.00	3.44	3.87
1200	0.00	0.44	0.90	1.35	1.80	2.24	2.69	3.14	3.59	4.03
1250	0.00	0.47	0.94	1.41	1.86	2.33	2.80	3.27	3.74	4.21
1300	0.00	0.48	0.98	1.46	1.94	2.43	2.92	3.40	3.89	4.37
1350	0.00	0.51	1.01	1.51	2.02	2.52	3.03	3.52	4.03	4.54
1400	0.00	0.52	1.05	1.57	2.09	2.61	3.14	3.66	4.19	4.70
1450	0.00	0.54	1.09	1.63	2.17	2.71	3.26	3.79	4.34	4.84
1500	0.00	0.56	1.13	1.69	2.24	2.80	3.36	3.93	4.49	5.05
1550	0.00	0.58	1.17	1.74	2.32	2.89	3.48	4.05	4.64	5.21
1600	0.00	0.60	1.19	1.80	2.39	2.99	3.59	4.18	4.78	5.39
1650	0.00	0.62	1.23	1.85	2.47	3.08	3.70	4.31	4.93	5.55
1700	0.00	0.63	1.27	1.92	2.55	3.18	3.82	4.45	5.08	5.72
1750	0.00	0.66	1.31	1.97	2.61	3.27	3.93	4.57	5.24	5.88
1800	0.00	0.67	1.35	2.02	2.69	3.36	4.03	4.70	5.39	6.06

# STANDARD E SECTION TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 30

RPM	21.6	22.0	22.4	22.8	23.2	23.6	24.0
485	44.36	46.43	47.28	48.12	48.96	51.12	51.99
575	49.99	52.27	53.22	54.17	55.12	57.42	58.39
690	56.03	58.44	59.50	60.56	61.62	63.93	65.01
725	57.59	60.02	61.11	62.20	63.29	65.55	66.66
870	62.59	64.87	66.05	67.23	68.41	70.26	71.45
950	64.24	66.30	67.51	68.71	69.92	71.34	72.55
20	2.89	3.00	3.06	3.11	3.17	3.28	3.34
40	5.34	5.57	5.68	5.78	5.88	6.12	6.23
60	7.66	7.99	8.13	8.28	8.42	8.78	8.93
80	9.85	10.29	10.48	10.67	10.85	11.32	11.51
100	11.97	12.52	12.74	12.97	13.20	13.78	14.01
120	14.04	14.67	14.94	15.21	15.47	16.16	16.43
140	16.04	16.78	17.08	17.39	17.69	18.48	18.79
160	17.98	18.83	19.17	19.51	19.85	20.74	21.09
180	19.89	20.82	21.20	21.58	21.96	22.95	23.34
200	21.75	22.78	23.19	23.61	24.02	25.11	25.54
220	23.57	24.68	25.13	25.58	26.03	27.23	27.69
240	25.36	26.56	27.04	27.52	28.01	29.29	29.79
260	27.10	28.39	28.91	29.43	29.94	31.32	31.85
280	28.81	30.19	30.74	31.29	31.84	33.30	33.86
300	30.49	31.95	32.53	33.11	33.69	35.24	35.84
320	32.14	33.67	34.29	34.90	35.51	37.13	37.76
340	33.73	35.35	35.99	36.63	37.28	38.99	39.65
360	35.32	37.00	37.67	38.34	39.02	40.80	41.49
380	36.86	38.61	39.31	40.01	40.71	42.57	43.29
400	38.35	40.19	40.92	41.65	42.38	44.29	45.04
420	39.82	41.71	42.47	43.23	43.99	45.98	46.75
440	41.25	43.22	44.00	44.79	45.57	47.61	48.42
460	42.65	44.68	45.49	46.30	47.11	49.19	50.03
480	44.01	46.08	46.92	47.76	48.60	50.73	51.59
500	45.35	47.46	48.33	49.19	50.05	52.23	53.12
520	46.64	48.80	49.69	50.58	51.46	53.68	54.59
540	47.88	50.10	51.01	51.92	52.84	55.09	56.02
560	49.10	51.35	52.28	53.22	54.15	56.44	57.40
580	50.28	52.57	53.52	54.48	55.44	57.74	58.72
600	51.42	52.57	53.52	54.48	55.44	58.99	59.99
620	52.52	53.73	54.71	55.69	56.66	60.18	61.20
640	53.57	54.86	55.86	56.85	57.85	61.32	62.36
660	54.58	55.95	56.96	57.98	59.00	62.40	63.46
680	55.55	56.98	58.01	59.05	60.08	63.40	64.47
700	56.50	57.97	59.02	60.08	61.13	64.41	65.51
720	57.39	59.79	60.88	61.97	63.05	65.34	66.45
740	58.23	60.64	61.74	62.84	63.94	66.20	67.32
760	59.02	61.44	62.56	63.67	64.79	66.99	68.12
780	59.79	62.18	63.31	64.44	65.57	67.72	68.87
800	60.49	62.87	64.02	65.16	66.30	68.41	69.57
820	61.14	63.50	64.66	65.81	66.97	69.01	70.18
840	61.77	64.09	65.26	66.42	67.59	69.56	70.74
860	62.32	64.61	65.79	66.96	68.14	70.04	71.23
880	62.84	65.10	66.28	67.46	68.65	70.44	71.64
900	63.31	65.51	66.70	67.89	69.09	70.79	71.99

# STANDARD E SECTION TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 31

RPM	1.00~1.01	1.02~1.03	1.04~1.06	1.07~1.08	1.09~1.12	1.13~1.16	1.17~1.22	1.23~1.32	1.33~1.50	1.51+
485	0.00	0.31	0.62	0.94	1.25	1.55	1.86	2.17	2.49	2.80
575	0.00	0.38	0.74	1.11	1.47	1.85	2.21	2.57	2.95	3.31
690	0.00	0.44	0.88	1.33	1.77	2.21	2.65	3.10	3.54	3.98
725	0.00	0.47	0.92	1.39	1.86	2.32	2.79	3.26	3.71	4.18
870	0.00	0.56	1.11	1.68	2.22	2.79	3.35	3.90	4.46	5.01
950	0.00	0.60	1.22	1.84	2.44	3.04	3.66	4.26	4.88	5.48
1160	0.00	0.75	1.49	2.24	2.97	3.71	4.46	5.20	5.95	6.69
20	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12
40	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23
60	0.00	0.04	0.08	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
80	0.00	0.05	0.11	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.42	0.46
100	0.00	0.07	0.13	0.19	0.25	0.32	0.39	0.44	0.51	0.58
120	0.00	0.08	0.15	0.23	0.31	0.39	0.46	0.54	0.62	0.70
140	0.00	0.09	0.17	0.27	0.36	0.44	0.54	0.63	0.72	0.80
160	0.00	0.11	0.20	0.31	0.42	0.51	0.62	0.72	0.82	0.92
180	0.00	0.12	0.23	0.35	0.46	0.58	0.70	0.80	0.92	1.03
200	0.00	0.13	0.25	0.39	0.51	0.64	0.76	0.90	1.03	1.15
220	0.00	0.15	0.28	0.43	0.56	0.71	0.84	0.99	1.13	1.27
240	0.00	0.15	0.31	0.46	0.62	0.76	0.92	1.07	1.23	1.38
260	0.00	0.16	0.34	0.50	0.67	0.83	1.01	1.17	1.34	1.50
280	0.00	0.17	0.36	0.54	0.72	0.90	1.07	1.26	1.43	1.61
300	0.00	0.19	0.39	0.58	0.76	0.96	1.15	1.34	1.54	1.73
320	0.00	0.20	0.42	0.62	0.82	1.03	1.23	1.43	1.63	1.85
340	0.00	0.21	0.44	0.66	0.87	1.09	1.31	1.53	1.74	1.96
360	0.00	0.23	0.47	0.70	0.92	1.15	1.38	1.61	1.85	2.08
380	0.00	0.24	0.48	0.74	0.98	1.22	1.46	1.70	1.94	2.20
400	0.00	0.25	0.51	0.76	1.02	1.29	1.54	1.80	2.05	2.30
420	0.00	0.27	0.54	0.80	1.07	1.34	1.62	1.89	2.16	2.43
440	0.00	0.28	0.56	0.84	1.13	1.41	1.69	1.97	2.25	2.53
460	0.00	0.29	0.59	0.88	1.18	1.47	1.77	2.06	2.36	2.65
480	0.00	0.31	0.62	0.92	1.23	1.54	1.85	2.16	2.47	2.77
500	0.00	0.32	0.64	0.96	1.29	1.61	1.93	2.24	2.56	2.88
520	0.00	0.34	0.67	1.01	1.33	1.66	2.00	2.33	2.67	3.00
540	0.00	0.35	0.70	1.05	1.38	1.73	2.08	2.43	2.77	3.11
560	0.00	0.36	0.72	1.07	1.43	1.80	2.16	2.51	2.87	3.23
580	0.00	0.38	0.75	1.11	1.49	1.86	2.24	2.60	2.97	3.35
600	0.00	0.39	0.76	1.15	1.54	1.93	2.30	2.69	3.08	3.46
620	0.00	0.40	0.79	1.19	1.59	1.98	2.39	2.77	3.18	3.58
640	0.00	0.42	0.82	1.23	1.63	2.05	2.47	2.87	3.28	3.69
660	0.00	0.43	0.84	1.27	1.69	2.12	2.55	2.96	3.39	3.81
680	0.00	0.44	0.87	1.31	1.74	2.18	2.61	3.04	3.48	3.93
700	0.00	0.44	0.90	1.35	1.80	2.24	2.69	3.14	3.59	4.03
720	0.00	0.46	0.92	1.38	1.85	2.30	2.77	3.23	3.70	4.15
740	0.00	0.47	0.95	1.42	1.90	2.37	2.84	3.32	3.79	4.26
760	0.00	0.48	0.98	1.46	1.94	2.44	2.92	3.40	3.90	4.38
780	0.00	0.50	1.01	1.50	2.00	2.51	3.00	3.50	4.01	4.50
800	0.00	0.51	1.03	1.54	2.05	2.56	3.08	3.59	4.10	4.61
820	0.00	0.52	1.06	1.58	2.10	2.63	3.15	3.67	4.21	4.73
840	0.00	0.54	1.07	1.62	2.16	2.69	3.23	3.77	4.30	4.84
860	0.00	0.55	1.10	1.66	2.20	2.76	3.31	3.86	4.41	4.96
880	0.00	0.56	1.13	1.69	2.25	2.83	3.39	3.94	4.52	5.08
900	0.00	0.58	1.15	1.73	2.30	2.88	3.46	4.03	4.61	5.19

# STANDARD AX SECTION TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 32

RPM	2.20	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8
485	0.66	0.75	0.86	0.95	1.06	1.21	1.32	1.43	1.55	1.66	1.77	1.89	2.01	2.08	2.19	2.29	2.42	2.51	2.62
575	0.72	0.84	0.96	1.08	1.21	1.38	1.51	1.63	1.77	1.89	2.02	2.16	2.29	2.37	2.51	2.63	2.76	2.86	3.01
690	0.82	0.97	1.10	1.24	1.38	1.58	1.73	1.88	1.91	2.18	2.32	2.48	2.65	2.74	2.89	3.03	3.19	3.31	3.46
725	0.84	0.99	1.12	1.28	1.42	1.63	1.80	1.95	2.11	2.26	2.41	2.57	2.75	2.84	3.00	3.15	3.31	3.43	3.60
870	0.95	1.12	1.28	1.45	1.63	1.87	2.06	2.23	2.41	2.59	2.76	2.96	3.16	3.27	3.44	3.62	3.81	3.95	4.14
950	1.01	1.18	1.35	1.54	1.73	1.99	2.19	2.38	2.57	2.76	2.95	3.16	3.38	3.49	3.69	3.87	4.07	4.22	4.43
1160	1.13	1.33	1.53	1.75	1.97	2.22	2.52	2.75	2.97	3.19	3.43	3.66	3.91	4.04	4.27	4.49	4.73	4.90	5.15
1425	1.26	1.51	1.74	1.99	2.26	2.63	2.90	3.17	3.43	3.69	3.96	4.23	4.53	4.68	4.96	5.21	5.47	5.68	5.96
1750	1.39	1.69	1.95	2.25	2.55	3.00	3.31	3.49	3.93	4.23	4.56	4.88	5.21	5.39	5.70	5.99	6.29	6.52	6.85
2850	1.63	2.06	2.43	2.86	3.28	3.93	4.38	4.82	5.24	5.65	6.08	6.50	6.95	7.19	7.58	7.95	8.31	8.62	8.94
3450	1.66	2.14	2.56	3.04	3.52	4.26	4.75	5.24	5.70	6.15	6.61	7.06	7.53	7.78	8.18	8.55	8.90	9.23	9.46
200	0.35	0.39	0.44	0.48	0.55	0.61	0.65	0.71	0.76	0.82	0.86	0.92	0.98	1.01	1.06	1.11	1.17	1.21	1.27
400	0.56	0.65	0.74	0.82	0.92	1.05	1.14	1.24	1.33	1.42	1.52	1.62	1.73	1.79	1.88	1.97	2.06	2.14	2.24
600	0.75	0.87	0.98	1.12	1.25	1.43	1.55	1.69	1.82	1.95	2.09	2.22	2.37	2.45	2.59	2.72	2.85	2.95	3.11
800	0.90	1.06	1.21	1.37	1.52	1.76	1.93	2.10	2.26	2.42	2.60	2.77	2.96	3.06	3.24	3.40	3.57	3.70	3.90
1000	1.03	1.23	1.39	1.59	1.78	2.07	2.27	2.46	2.67	2.87	3.07	3.28	3.51	3.63	3.83	4.02	4.23	4.38	4.61
1200	1.15	1.36	1.56	1.79	2.01	2.34	2.57	2.82	3.04	3.27	3.51	3.75	4.01	4.14	4.38	4.61	4.84	5.02	5.27
1400	1.25	1.50	1.71	1.98	2.23	2.60	2.86	3.13	3.39	3.65	3.91	4.18	4.48	4.62	4.89	5.15	5.41	5.61	5.88
1600	1.33	1.61	1.85	2.13	2.42	2.83	3.13	3.42	3.70	3.99	4.29	4.58	4.89	5.05	5.36	5.64	5.92	6.14	6.46
1800	1.41	1.70	1.98	2.29	2.59	3.05	3.38	3.69	4.00	4.32	4.64	4.97	5.32	5.50	5.80	6.11	6.41	6.64	6.98
2000	1.47	1.80	2.08	2.42	2.76	3.25	3.61	3.95	4.29	4.62	4.96	5.32	5.68	5.87	6.21	6.53	6.85	7.11	7.45
2200	1.53	1.88	2.18	2.55	2.91	3.43	3.81	4.18	4.55	4.90	5.26	5.64	6.03	6.23	6.59	6.93	7.26	7.53	7.88
2400	1.57	1.95	2.26	2.65	3.03	3.61	4.00	4.40	4.78	5.16	5.54	5.94	6.35	6.56	6.93	7.28	7.63	7.91	8.27
2600	1.61	2.00	2.35	2.75	3.15	3.76	4.18	4.59	5.00	5.39	5.80	6.20	6.63	6.85	7.24	7.60	7.96	8.25	8.60
2800	1.63	2.04	2.40	2.83	3.26	3.91	4.34	4.77	5.19	5.61	6.03	6.45	6.90	7.13	7.52	7.88	8.24	8.55	7.60
3000	1.65	2.08	2.46	2.92	3.35	4.03	4.49	4.93	5.36	5.80	6.23	6.67	7.13	7.37	7.76	8.13	8.49	8.81	9.12
3200	1.66	2.11	2.51	2.97	3.44	4.14	4.62	5.08	5.53	5.96	6.42	6.86	7.33	7.57	7.98	8.35	8.70	9.03	9.30
3400	1.66	2.14	2.54	3.03	3.51	4.23	4.72	5.21	5.68	6.13	6.58	7.02	7.50	7.75	8.16	8.51	8.86	9.19	9.44
3600	1.66	2.15	2.57	3.07	3.57	4.33	4.83	5.32	5.79	6.25	6.72	7.17	7.64	7.89	8.29	8.64	8.98	9.31	9.51
3800	1.65	2.15	2.58	3.10	3.61	4.40	4.91	5.42	5.90	6.22	6.82	7.28	7.75	8.00	8.40	8.74	9.06	9.39	9.54
4000	1.63	2.15	2.60	3.13	3.65	4.45	4.98	5.49	5.98	6.44	6.92	7.37	7.83	8.09	8.47	8.79	9.08	9.42	9.50
4200	1.61	2.14	2.60	3.14	3.68	4.49	5.04	5.54	6.04	6.51	6.97	7.42	7.88	8.14	8.50	8.80	9.06	9.39	
4400	1.57	2.12	2.58	3.14	3.68	4.53	5.06	5.58	6.09	6.55	7.01	7.45	7.89	8.15	8.50	8.78	8.99	9.33	
4600	1.53	2.10	2.57	3.13	3.70	4.55	5.09	5.61	6.10	6.56	7.01	0.74	7.87	8.13	8.44	8.70			
4800	1.49	2.06	2.54	3.12	3.68	4.55	5.09	5.61	6.10	6.56	7.00	7.41	7.81	8.07	8.36				
5000	1.43	2.01	2.50	3.09	3.65	4.53	5.08	5.60	6.09	6.53	6.96	7.34	7.73	7.99	8.22				
5200	1.37	1.96	2.46	3.04	3.62	4.51	5.05	5.57	6.03	6.48	6.88	7.25	7.60	7.85					
5400	1.30	1.91	2.40	3.00	3.58	4.47	5.01	5.51	5.98	6.40	6.78	7.12							
5600	1.23	1.84	2.33	2.93	3.51	4.40	4.94	5.43	5.88	6.56	6.65	6.95							
5800	1.15	1.77	2.26	2.86	3.45	4.33	4.86	5.34	5.77	6.15	6.49								
6000	1.06	1.67	2.18	2.77	3.37	4.23	4.75	5.23	5.64	6.00									
6200	0.96	1.59	2.08	2.69	3.26	4.14	4.64	5.09	5.49	5.81									
6400	0.87	1.48	1.98	2.59	3.15	4.02	4.51	4.93	5.30										
6600	0.75	1.38	1.87	2.46	3.03	3.88	4.34	4.75	5.09										
6800	0.64	1.27	1.74	2.19	2.89	3.72	4.17	4.55											
7000	0.51	1.13	1.62	2.20	2.75	3.55	3.98	4.43											

# STANDARD AX SECTION TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 33

RPM	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.07	1.06~1.10	1.11~1.14	1.15~1.20	1.21~1.27	1.28~1.39	1.40~1.64	1.65+
485	0.00	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.08	0.09
575	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.11
690	0.00	0.01	0.03	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
725	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15
870	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08	0.09	0.12	0.13	0.15	0.17
950	0.00	0.03	0.04	0.07	0.08	0.11	0.12	0.15	0.16	0.19
1160	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23
1425	0.00	0.03	0.07	0.09	0.12	0.16	0.19	0.21	0.25	0.28
1750	0.00	0.04	0.08	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
2850	0.00	0.07	0.12	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56
3450	0.00	0.08	0.15	0.23	0.31	0.38	0.46	0.54	0.60	0.68
200	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
400	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08
600	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12
800	0.00	0.01	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.15	0.16
1000	0.00	0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20
1200	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24
1400	0.00	0.03	0.07	0.09	0.12	0.15	0.19	0.21	0.24	0.28
1600	0.00	0.04	0.07	0.11	0.13	0.17	0.21	0.24	0.28	0.32
1800	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
2000	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.21	0.27	0.31	0.35	0.40
2200	0.00	0.05	0.09	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43
2400	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.38	0.43	0.47
2600	0.00	0.05	0.12	0.17	0.23	0.28	0.35	0.40	0.46	0.51
2800	0.00	0.07	0.12	0.19	0.24	0.31	0.38	0.43	0.50	0.55
3000	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.46	0.52	0.59
3200	0.00	0.07	0.13	0.21	0.28	0.35	0.42	0.50	0.56	0.63
3400	0.00	0.08	0.15	0.23	0.29	0.38	0.44	0.52	0.60	0.67
3600	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.47	0.55	0.63	0.71
3800	0.00	0.08	0.16	0.25	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.75
4000	0.00	0.09	0.17	0.27	0.35	0.44	0.52	0.62	0.71	0.79
4200	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83
4400	0.00	0.09	0.19	0.29	0.39	0.48	0.58	0.68	0.78	0.87
4600	0.00	0.11	0.20	0.31	0.40	0.51	0.60	0.71	0.80	0.91
4800	0.00	0.11	0.21	0.32	0.42	0.52	0.63	0.74	0.84	0.95
5000	0.00	0.11	0.21	0.34	0.44	0.55	0.66	0.76	0.88	0.99
5200	0.00	0.12	0.23	0.35	0.46	0.58	0.68	0.80	0.91	1.03
5400	0.00	0.12	0.24	0.36	0.47	0.59	0.71	0.83	0.95	1.07
5600	0.00	0.12	0.24	0.38	0.50	0.62	0.74	0.86	0.99	1.11
5800	0.00	0.13	0.25	0.39	0.51	0.64	0.76	0.90	1.02	1.15
6000	0.00	0.13	0.27	0.40	0.52	0.66	0.79	0.92	1.06	1.19
6200	0.00	0.13	0.27	0.42	0.55	0.68	0.82	0.95	1.09	1.23
6400	0.00	0.15	0.28	0.43	0.56	0.71	0.84	0.98	1.13	1.26
6600	0.00	0.15	0.29	0.44	0.58	0.72	0.87	1.02	1.17	1.30
6800	0.00	0.15	0.29	0.46	0.60	0.75	0.90	1.05	1.19	1.34
7000	0.00	0.15	0.31	0.46	0.62	0.76	0.92	1.07	1.23	1.38





# STANDARD BX SECTION TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 35

RPM	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.07	1.08~1.10	1.11~1.14	1.15~1.20	1.21~1.27	1.28~1.39	1.40~1.64	1.66+	8.6	9.4	11.0
485	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	5.40	5.97	7.03
575	0.00	0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.20	6.19	6.82	8.04
690	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24	7.13	7.87	9.26
725	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	7.41	8.18	9.61
870	0.00	0.04	0.07	0.11	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.31	8.51	9.37	11.03
950	0.00	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	0.23	0.25	0.30	0.34	9.08	10.01	11.76
1160	0.00	0.04	0.09	0.13	0.19	0.23	0.27	0.32	0.36	0.40	10.49	11.53	13.52
1425	0.00	0.05	0.11	0.16	0.23	0.28	0.34	0.39	0.44	0.50	12.05	13.23	15.41
1750	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.35	0.42	0.48	0.55	0.62	13.67	14.91	17.24
2850	0.00	0.11	0.23	0.34	0.44	0.56	0.67	0.78	0.90	1.01	16.44		
3450	0.00	0.13	0.27	0.40	0.54	0.67	0.80	0.94	1.09	1.22			
200	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	2.63	2.89	3.41
400	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.08	0.12	0.13	4.63	5.11	6.02
500	0.00	0.03	0.04	0.07	0.09	0.12	0.13	0.16	0.19	0.21	6.40	7.05	8.31
800	0.00	0.03	0.07	0.09	0.12	0.16	0.19	0.21	0.25	0.28	7.99	8.80	10.36
1000	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.31	0.35	8.73	10.39	12.20
1100	0.00	0.04	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.35	0.39	10.10	11.12	13.04
1200	0.00	0.05	0.09	0.15	0.19	0.24	0.28	0.34	0.38	0.42	10.74	11.80	13.83
1300	0.00	0.05	0.11	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.40	0.46	11.34	12.47	14.56
1400	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.39	0.44	0.50	11.91	13.08	15.26
1500	0.00	0.05	0.12	0.17	0.23	0.30	0.35	0.42	0.47	0.52	12.46	13.65	15.89
1600	0.00	0.07	0.12	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	12.96	14.19	16.47
1700	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.60	13.44	14.68	16.99
1800	0.00	0.07	0.13	0.21	0.28	0.35	0.42	0.50	0.56	0.63	13.89	15.14	17.46
1900	0.00	0.08	0.15	0.23	0.30	0.38	0.44	0.52	0.59	0.67	14.30	15.55	17.89
2000	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.70	14.67	15.91	18.24
2100	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.42	0.50	0.58	0.66	0.74	15.02	16.24	18.54
2200	0.00	0.08	0.17	0.25	0.35	0.43	0.51	0.60	0.68	0.78	15.34	16.52	18.78
2300	0.00	0.09	0.17	0.27	0.36	0.46	0.54	0.63	0.72	0.80	15.61	16.77	18.95
2400	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.56	0.66	0.75	0.84	15.85	16.96	
2500	0.00	0.09	0.20	0.30	0.39	0.48	0.59	0.68	0.78	0.89	16.04	17.11	
2600	0.00	0.11	0.20	0.31	0.40	0.51	0.60	0.71	0.82	0.91	16.21	17.20	
2700	0.00	0.11	0.21	0.32	0.42	0.52	0.63	0.74	0.84	0.91	16.33		
2800	0.00	0.11	0.21	0.34	0.44	0.55	0.66	0.76	0.87	0.98	16.42		
2900	0.00	0.11	0.23	0.34	0.46	0.56	0.68	0.79	0.91	1.02	16.46		
3000	0.00	0.12	0.23	0.35	0.47	0.59	0.70	0.82	0.94	1.06			
3100	0.00	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.84	0.97	1.09			
3200	0.00	0.12	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.87	1.01	1.13			
3300	0.00	0.13	0.25	0.39	0.51	0.64	0.78	0.90	1.03	1.17			
3400	0.00	0.13	0.27	0.40	0.54	0.67	0.79	0.93	1.06	1.19			
3500	0.00	0.13	0.27	0.42	0.55	0.68	0.82	0.95	1.10	1.23			
3600	0.00	0.15	0.28	0.43	0.56	0.71	0.84	0.99	1.13	1.26			
3700	0.00	0.15	0.30	0.43	0.58	0.72	0.87	1.02	1.15	1.30			
3800	0.00	0.15	0.30	0.44	0.59	0.74	0.89	1.05	1.19	1.34			
3900	0.00	0.15	0.31	0.46	0.60	0.76	0.91	1.07	1.22	1.37			
4000	0.00	0.16	0.31	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.25	1.41			
4100	0.00	0.16	0.32	0.48	0.64	0.80	0.97	1.13	1.29	1.45			
4200	0.00	0.16	0.32	0.50	0.66	0.82	0.98	1.15	1.31	1.48			
4300	0.00	0.17	0.34	0.51	0.67	0.84	1.01	1.18	1.34	1.52			
4400	0.00	0.17	0.35	0.52	0.68	0.86	1.03	1.21	1.38	1.54			
4500	0.00	0.17	0.35	0.52	0.70	0.89	1.06	1.23	1.41	1.58			

# STANDARD CX SECTION TRANSMISSION HORSEPOWER RATINGS

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 36

RPM	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0	10.5	12.0	13.0	14.0	16.0
485	6.58	7.22	7.78	8.34	8.91	10.01	10.57	10.94	13.20	14.21	16.25
575	7.52	8.27	8.91	9.55	10.20	11.47	12.11	13.92	15.11	16.25	18.54
690	8.67	9.53	10.26	11.01	11.76	13.22	13.94	16.04	17.39	18.67	21.25
725	8.99	9.90	10.67	11.44	12.21	13.73	14.48	16.65	18.05	19.38	22.03
870	10.32	11.36	12.23	13.14	14.01	15.75	16.60	19.05	20.64	22.09	25.03
950	11.01	12.13	13.07	14.01	14.96	16.80	17.71	20.29	21.96	23.45	26.51
1160	12.72	14.00	15.08	16.17	17.24	19.33	20.34	23.20	25.06	26.61	29.81
1425	14.63	16.09	17.33	18.56	19.76	22.06	23.15	26.21	28.21	29.61	32.64
1750	16.65	18.26	19.62	20.96	22.27	24.69	25.78	28.82	30.80	31.65	
2850	20.56	22.06	23.39	24.53							
3450	20.60										
100	1.80	1.96	2.10	2.25	2.39	2.68	2.83	3.26	3.54	3.81	4.36
200	3.21	3.51	3.77	4.04	4.31	4.84	5.10	5.87	6.38	6.88	7.87
300	4.47	4.91	5.27	5.65	6.04	6.79	7.15	8.23	8.93	9.64	11.04
400	5.64	6.20	6.66	7.14	7.62	7.22	9.06	10.42	11.32	12.19	13.94
500	6.75	7.41	7.97	8.55	9.13	10.26	10.84	12.47	13.54	14.56	16.64
600	7.77	8.55	9.21	9.87	10.54	11.85	12.51	14.40	15.62	16.79	19.16
700	8.75	9.63	10.38	11.13	11.88	13.37	14.10	16.21	17.57	18.87	21.49
800	9.69	10.66	11.50	12.33	13.17	14.80	15.60	17.92	19.41	20.81	23.62
900	10.59	11.66	12.55	13.47	14.37	16.15	17.02	19.52	21.14	22.61	25.60
1000	11.43	12.58	13.57	14.56	15.52	17.43	18.35	21.02	22.74	24.26	27.37
1100	12.24	13.49	14.52	15.58	16.61	18.64	19.62	22.41	24.23	25.77	28.95
1200	13.03	14.33	15.44	16.55	17.64	19.77	20.80	23.71	25.60	27.13	30.33
1300	13.76	15.14	16.31	17.48	18.63	20.83	21.89	24.89	26.85	28.34	31.50
1400	14.46	15.91	17.13	18.34	19.53	21.83	22.90	25.97	27.96	29.38	32.45
1500	15.13	16.63	17.90	19.16	20.39	22.74	23.83	26.92	28.94	30.25	33.16
1600	15.76	17.32	18.62	19.93	21.18	23.57	24.68	27.77	29.79	30.95	
1700	16.35	17.96	19.31	20.64	21.92	24.32	25.44	28.50	30.50	31.46	
1800	16.91	18.55	19.93	21.29	22.59	25.01	26.10	29.09	31.07		
1900	17.45	19.11	20.52	21.89	23.20	25.61	26.67	29.57	31.47		
2000	17.94	19.62	21.05	22.42	23.74	26.13	27.14	29.91	31.73		
2100	18.39	20.09	21.53	22.92	24.22	26.55	27.52	30.10			
2200	18.79	20.50	21.95	23.34	24.63	26.89	27.79				
2300	19.17	20.88	22.33	23.69	24.96	27.14	27.95				
2400	19.52	21.20	22.64	23.99	25.24	27.29					
2500	19.82	21.49	22.92	24.23	25.43	27.34					
2600	20.08	21.71	23.12	24.40	25.54						
2700	20.29	21.89	23.27	24.50	25.58						
2800	20.48	22.02	23.37	24.54	25.54						
2900	20.62	22.09	23.39	24.50							
3000	20.72	22.12	23.37								
3100	20.77	22.08	23.27								
3200	20.79	22.00									
3300	20.74	21.85									
3400	20.66										
3500	20.53										
3600	20.35										
3700	20.13										

# STANDARD CX SECTION TRANSMISSION SPEED RATIO ADDER

HP RATINGS PER BELT FOR SMALL SHEAVE DATUM DIAMETER (IN)

Table 37

RPM	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.07	1.08~1.10	1.11~1.14	1.15~1.20	1.21~1.27	1.28~1.39	1.40~1.64	1.65+
485	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.17	0.21	0.25	0.28	0.32
575	0.00	0.04	0.08	0.12	0.17	0.21	0.25	0.30	0.34	0.38
690	0.00	0.05	0.11	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.40	0.46
725	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.38	0.43	0.48
870	0.00	0.07	0.13	0.19	0.25	0.32	0.39	0.44	0.51	0.58
950	0.00	0.07	0.13	0.21	0.28	0.35	0.42	0.50	0.56	0.63
1160	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.43	0.51	0.60	0.68	0.76
1425	0.00	0.11	0.21	0.32	0.42	0.52	0.63	0.74	0.84	0.94
1750	0.00	0.13	0.25	0.39	0.51	0.64	0.78	0.90	1.03	1.17
2850	0.00	0.21	0.42	0.63	0.84	1.05	1.26	1.48	1.68	1.89
3450	0.00	0.25	0.51	0.76	1.02	1.27	1.53	1.78	2.04	2.29
100	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07
200	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.13
300	0.00	0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.20
400	0.00	0.03	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.20	0.24	0.27
500	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.21	0.25	0.30	0.34
600	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.21	0.27	0.31	0.35	0.40
700	0.00	0.05	0.11	0.16	0.20	0.25	0.31	0.36	0.42	0.47
800	0.00	0.05	0.12	0.17	0.24	0.30	0.35	0.42	0.47	0.54
900	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.59
1000	0.00	0.07	0.15	0.23	0.30	0.36	0.44	0.51	0.59	0.66
1100	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.72
1200	0.00	0.09	0.17	0.27	0.35	0.44	0.54	0.62	0.71	0.79
1300	0.00	0.09	0.19	0.28	0.39	0.48	0.58	0.67	0.76	0.86
1400	0.00	0.11	0.20	0.31	0.42	0.51	0.62	0.72	0.83	0.93
1500	0.00	0.11	0.21	0.34	0.44	0.55	0.66	0.78	0.89	0.99
1600	0.00	0.12	0.24	0.35	0.47	0.59	0.71	0.83	0.94	1.06
1700	0.00	0.12	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.87	1.01	1.13
1800	0.00	0.13	0.27	0.40	0.54	0.66	0.79	0.93	1.06	1.19
1900	0.00	0.13	0.28	0.42	0.56	0.70	0.84	0.98	1.13	1.26
2000	0.00	0.15	0.30	0.44	0.59	0.74	0.89	1.03	1.18	1.33
2100	0.00	0.16	0.31	0.47	0.62	0.78	0.93	1.09	1.23	1.39
2200	0.00	0.16	0.32	0.48	0.64	0.80	0.98	1.14	1.30	1.46
2300	0.00	0.17	0.34	0.51	0.68	0.84	1.02	1.18	1.35	1.53
2400	0.00	0.17	0.35	0.54	0.71	0.89	1.06	1.23	1.42	1.60
2500	0.00	0.19	0.36	0.55	0.74	0.93	1.10	1.29	1.48	1.66
2600	0.00	0.19	0.39	0.58	0.76	0.95	1.15	1.34	1.53	1.73
2700	0.00	0.20	0.40	0.60	0.79	0.99	1.19	1.39	1.60	1.78
2800	0.00	0.20	0.42	0.62	0.83	1.03	1.23	1.45	1.65	1.85
2900	0.00	0.21	0.43	0.64	0.86	1.07	1.29	1.50	1.72	1.92
3000	0.00	0.21	0.44	0.67	0.89	1.10	1.33	1.54	1.77	1.98
3100	0.00	0.23	0.46	0.68	0.91	1.14	1.37	1.60	1.82	2.05
3200	0.00	0.24	0.47	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.89	2.12
3300	0.00	0.24	0.48	0.72	0.98	1.22	1.46	1.70	1.94	2.19
3400	0.00	0.24	0.50	0.75	1.01	1.25	1.50	1.76	2.01	2.25
3500	0.00	0.25	0.51	0.78	1.03	1.29	1.54	1.81	2.07	2.32
3600	0.00	0.25	0.54	0.79	1.06	1.33	1.60	1.86	2.12	2.39
3700	0.00	0.27	0.55	0.82	1.09	1.37	1.64	1.90	2.19	2.45
3800	0.00	0.28	0.56	0.84	1.11	1.39	1.68	1.96	2.24	2.52
3900	0.00	0.28	0.58	0.86	1.15	1.43	1.73	2.01	2.31	2.59
4000	0.00	0.30	0.59	0.89	1.18	1.48	1.77	2.07	2.36	2.66



## Grelhas Vibratórias Extra-Pesadas M



## Grelhas Vibratórias Extra-Pesadas M - Aplicação

**Destinam-se a instalações onde o volume de finos do material bruto (Run of Mine) seja tal que justifique a sua remoção antes do britador primário.**

Outra aplicação comum é o escalpe do material antes de rebitadores.

A adoção de grelhas proporciona vários benefícios, entre os quais:

\* Permite que o britador alcance sua plena capacidade de produção.

\* Reduz a capacidade nominal necessária do britador.  
\* Reduz o desgaste por abrasão dos revestimentos do britador.

\* Os finos formam uma camada de material que protege a correia transportadora contra o impacto direto da descarga do britador.

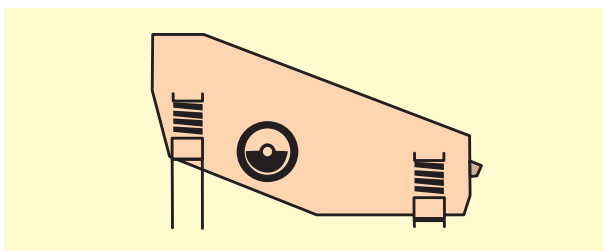
Fabricados em quatro tamanhos básicos, atendem uma faixa de capacidade de 120 a 1200 m<sup>3</sup>/h. Sob consulta podem ser fornecidos outros modelos ou tamanhos e características especiais.

### Construção

**Estrutura:** Chapas laterais de espessura adequada, reforçadas e revestidas com chapas substituíveis na região acima do deck e vigas transversais de seção retangular fabricadas especialmente e montadas por flangeamento, conferem alta resistência e estabilidade dimensional.

**Bandeja de Alimentação:** Situada na área de carregamento e revestida contra desgaste, uniformiza a distribuição do material e evita que este seja lançado diretamente sobre os trilhos, reduzindo o seu desgaste.

**Movimento Circular:** Os vibradores são do tipo eixo convencional longo com contrapesos nas extremidades, que produzem movimentos circulares.



Movimento circular.

**Tecnologia contra trincas:** Grande parte das trincas estruturais em equipamentos vibratórios é causada por frequências de trabalho próxima às frequências naturais da estrutura. Para prevenir as trincas, todos os equipamentos vibratórios Metso Minerals são testados por analisador de frequências.



Teste por analisador de frequência.

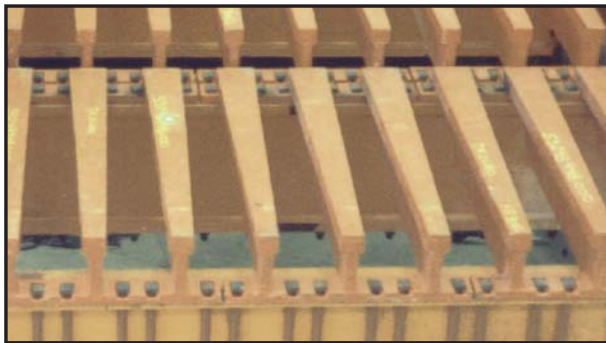
# Apresentação do Produto

**Trilhos:** São fundidos em blocos modulares com aberturas nominais de 4, 6 e 8 polegadas em aço manganês de grande resistência ao impacto e a abrasão.

Este arranjo em blocos modulares proporciona menores esforços aos parafusos que fixam as vigas de apoio evitando sua ruptura.

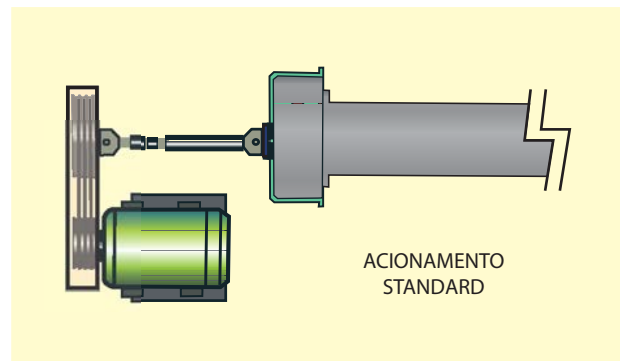
A existência de degraus ao longo da grelha visa provocar um tombamento do material, facilitando a estratificação e a precipitação dos finos.

A forma divergente dos vãos entre os trilhos visa impedir o encunhamento do material entre eles.



*Trilhos divergentes.*

**Acionamento Estacionário:** Motor, polias e correias "V" estacionárias (não vibrantes), acionam o vibrador através do eixo cardan.

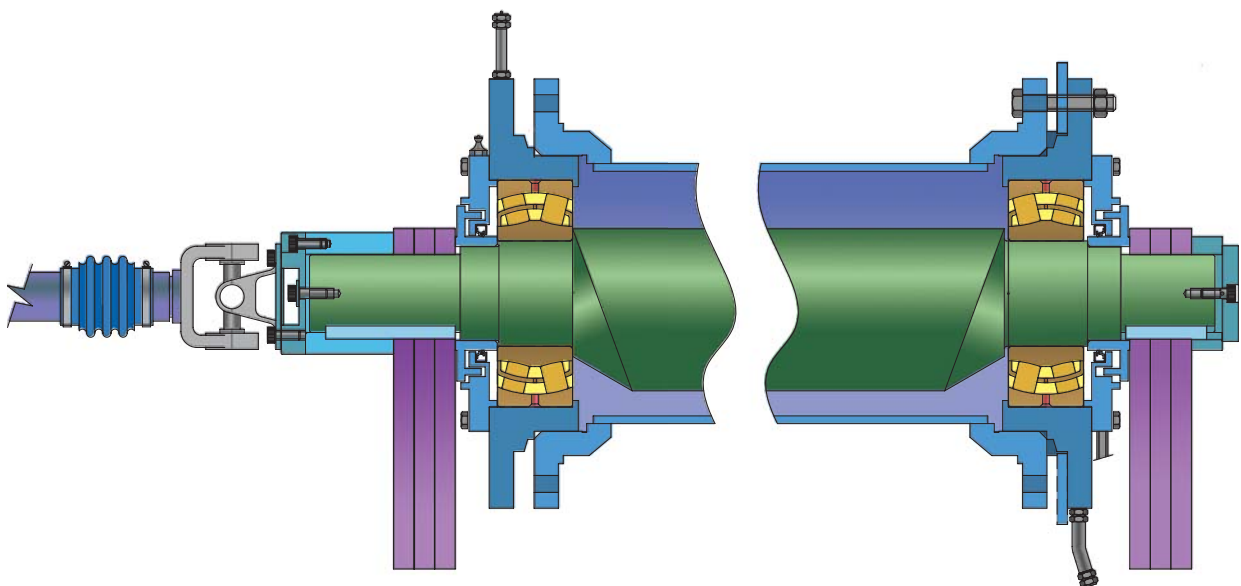


*Acionamento estacionário.*

**Vibradores:** Os vibradores são constituídos de eixo rígido excêntrico, apoiado em rolamentos auto-compensadores de rolos, especiais para aplicações vibratórias.

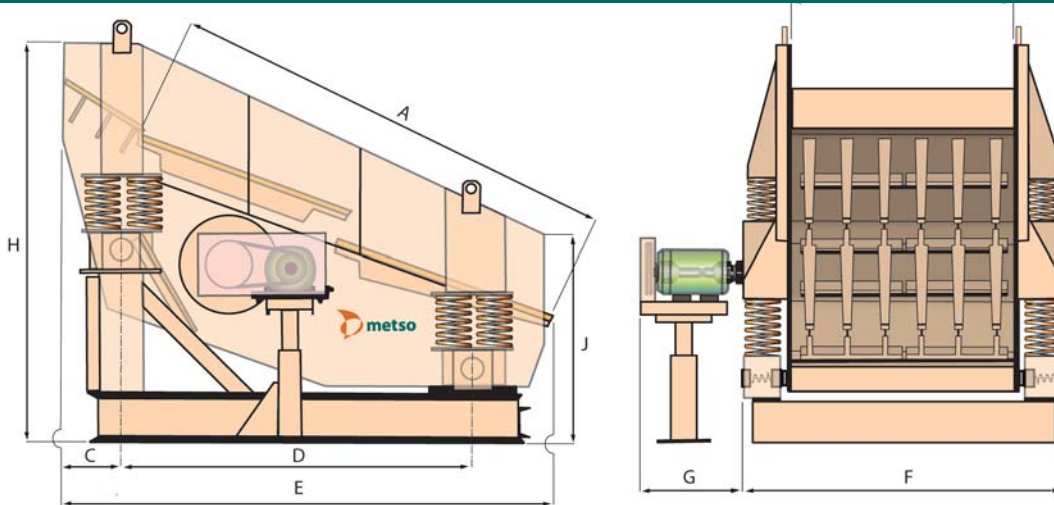
A lubrificação padrão é a banho de óleo, exceto para a grelha modelo 2512 (graxa).

Facilidade de regulagem: O ajuste da massa excêntrica é somente pelo lado externo.



*Mecanismo Vibratório convencional de 1 eixo.*

# Especificações Técnicas



dimensões principais

Modelos	A	B	C	D	E	F	G	H	J
2512	2500	1200	360	1870	2670	1730	1600	2180	1870
3015	3000	1500	550	2000	3140	2080	1540	2880	2000
4018	4000	1800	850	2500	3950	2560	2100	3750	2500
4824	4800	2400	980	3300	4980	3180	2340	3660	3300

Modelos	Capacidade motor 4 pólos (Hp)	Vibradores (Rotação nominal 800 rpm)	Tipo de Lubrificação	Abertura regulável entre trilhos (polegada)	Capacidade de Alimentação (m <sup>3</sup> /h)	Peso (kg)
2512	10	2 - 12	Graxa	4 - 6 - 8	120- 300	3500
3015	30	1 - 15	Óleo	4 - 6 - 8	200- 500	7480
4018	40	1 - 18	Óleo	4 - 6 - 8	400- 900	12220
4824	2 x 40	2 x 58 -5N	Óleo	4 - 6 - 8	500- 1200	19500

A Metso Minerals (Brasil) Ltda. se reserva ao direito de alterar os dados constantes deste folheto sem prévio aviso

## Filiais

Rua Flórida, 1568 Brooklin  
04565-001 São Paulo, SP  
Tel. (11) 5501 7300  
Fax (11) 5501 7330

Av. Marechal Câmara, 160  
sl 1513 e 1514 Ed. Orly  
20020-080 Rio de Janeiro, RJ  
Tel./Fax (21) 2524-4246

Av. Portugal 5415  
31710-400 Belo Horizonte, MG  
Tel (31) 3490 3300  
Fax (31) 3490 3341

Av. Pres. Castelo Branco, 1577  
Conj. 01 Carapina  
29160-970 - Serra, ES  
Tel./Fax (27) 3241 3577

Além de representantes cobrindo todos os demais estados brasileiros



Todos os equipamentos da Metso Minerals (Sorocaba) são produzidos de acordo com um sistema da qualidade em conformidade com as normas da ISO 9001, assegurada conforme certificado ABS Quality Evaluations.

Central de Peças 24 Hs:

(15) 219-1658



Somos detentores exclusivos das marcas:





## Peneira Vibratória Nordberg CBS







## Peneiras Nordberg CBS - superioridade em classificação

**O projeto da nova linha de peneiras CBS une a simplicidade de construção com o superior desempenho. A comprovada eficiência do movimento circular gerado por um único mecanismo central foi conjugada com um deck de inclinação gradualmente variável.**

O declive inicial maior aumenta a velocidade de transporte do material e, como resultado, a capacidade de manuseio, a seguir, a consecutiva redução de inclinação ao longo do percurso proporciona superior eficiência de classificação. As peneiras CBS substituem com vantagem as máquinas convencionais de inclinação fixa em qualquer tipo de aplicação. A inclinação inicial do deck, de 26 graus em vez de os tradicionais 20,

permite manusear 40% a mais de material e o declive final de somente 16 graus confere melhor qualidade de separação.

A quantificação de ganho em desempenho do modelo CBS em comparação com a peneira tradicional é representada pela porcentagem de partículas passantes conforme demonstra esta tabela.

% passante pela malha	% de ganho de capacidade
40	10
50	25
60 ou mais	40

## Apresentação do Produto

CBS 5'x14'

CBS 6'x16'

CBS 7'x20'

CBS 8'x20'

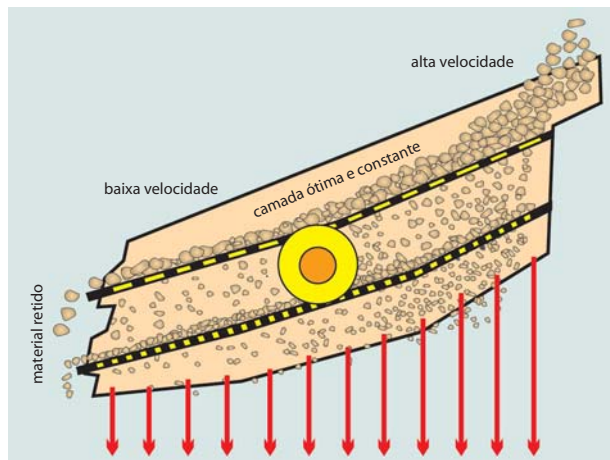
CBS 8'x24'

CBS 10'x24'



## Aplicação

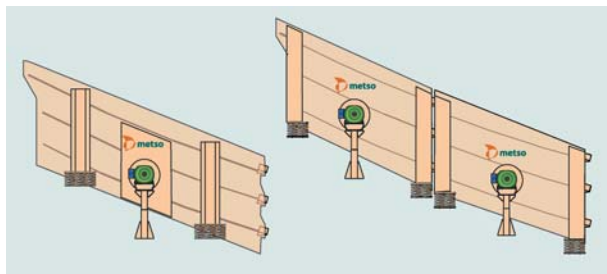
As peneiras CBS destinam-se principalmente às aplicações de separação intermediária e final, em peneiramento a seco ou em via úmida. O limite do tamanho máximo de material alimentado deve ser inferior a 250 mm (10") e a classificação pode ser realizada dentro da faixa de 100 a 3 mm. Para aplicações fora desta faixa, consultar o fabricante.



## Construção monobloco e modular

As peneiras de tamanhos até 7 pés de largura são movidas por um vibrador central de 1 eixo. As máquinas maiores são compostas de dois corpos independentes, tendo cada um o seu vibrador. Os dois segmentos são encaixados um no outro com o mínimo de folga, operando como peneira única do ponto de vista do processo, mantendo, porém, as vantagens mecânicas próprias dos equipamentos de menor porte, entre as quais podemos destacar:

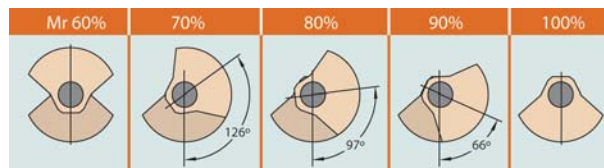
- Maior rigidez da estrutura e menor peso, necessitando de menores esforços de excitação, e ao mesmo tempo, suportando melhor as cargas dinâmicas de operação e parada.
- Vibradores menores, utilizando rolamentos de diâmetro e custos menores, de fácil aquisição no mercado.
- Blocos de menor peso e tamanho facilitam a instalação e manutenção dos equipamentos.



Construção monobloco e modular.

## Ajuste de amplitude

O ajuste de amplitude, feito pelo reposicionamento de contrapesos externos, permite alterar o impulso vibratório na faixa de 60 a 100%, sem a necessidade de adicionar ou remover qualquer peça.



## Acionamento

Para minimizar a manutenção, as peneiras CBS são acionadas por eixo cardan diretamente ligado ao motor, sem a transmissão auxiliar por polias e correias.

As máquinas operam com velocidade de 880 rpm em rede de 60 Hz (motor de VIII pólos) e com 980 rpm no caso de 50 Hz (motor VI pólos). É importante ressaltar que, em função da alta rigidez das peneiras CBS, as primeiras frequências naturais críticas situam-se pelo menos 20% acima da rotação de trabalho.

## Sistema de Freios

Graças às características de elevada rigidez estrutural e baixa inércia do mecanismo vibratório, as peneiras CBS não utilizam sistemas de frenagem tradicionais por atrito. Tais sistemas apresentam a desvantagem de requerem serviços extras como:

- Troca dos elementos de atrito (lonas de asbestos)
- Regulagem constante da pressão do freio.

## Freio Elétrico

Para garantia de segurança absoluta na parada, a Metso Minerals recomenda a instalação de um sistema elétrico de frenagem, composto apenas de um contato auxiliar e dois relês de tempo que podem ser instalados pelo próprio usuário no painel elétrico existente.

A frenagem ocorre pela inversão instantânea da rotação do(s) motor(es). A consequência é uma passagem rápida pela faixa de rotação crítica de ressonância das molas, preservando a estrutura da peneira através de uma parada muito suave.

A Metso Minerals oferece todo o suporte técnico e documental para instalação do freio elétrico juntamente com o equipamento.

### Estrutura

Chapas laterais lisas sem solda. Vigas transversais em forma de Z. A junção de todos os elementos, inclusive o suporte das molas, é feita através de parafusos/rebites tipo Huckbolt, eliminando definitivamente a necessidade de reapertos. As vigas transversais Z altas são extremamente rígidas no sentido vertical e no plano horizontal são reforçadas pelos painéis aparafusados que apóiam as telas.

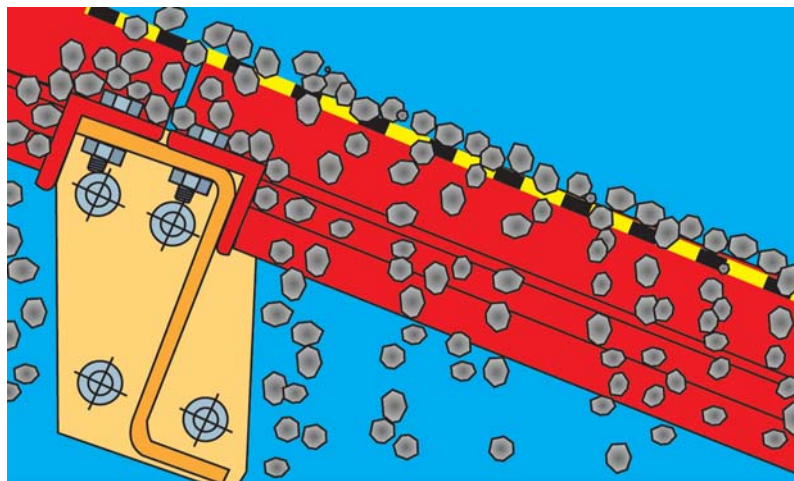
Os painéis, com desenho patenteado, oferecem também o importante benefício de proteção contra desgaste, pois as cantoneiras dos painéis anterior e posterior são aparafusadas na parte superior da viga, protegendo totalmente esta região, conforme se pode observar na figura ao lado. Os painéis, em adição, proporcionam elevada rigidez a todo o corpo da peneira, situando as freqüências naturais de vibração da estrutura bem acima da velocidade de operação.

### Painéis-Suporte

Os painéis-suporte englobam todos os elementos de apoio da tela. Em caso de desgaste, são facilmente substituíveis, dispensando qualquer serviço de solda dentro da máquina. A versão padrão é preparada para o uso de telas tensionadas de arame ou borracha. Para aplicar a tela rígida, tipo Trelstep (painéis modulares e fixação por encaixe) ou similar, basta substituir os painéis por um tipo adequado. A troca é fácil e rápida.

### Proteção contra desgaste

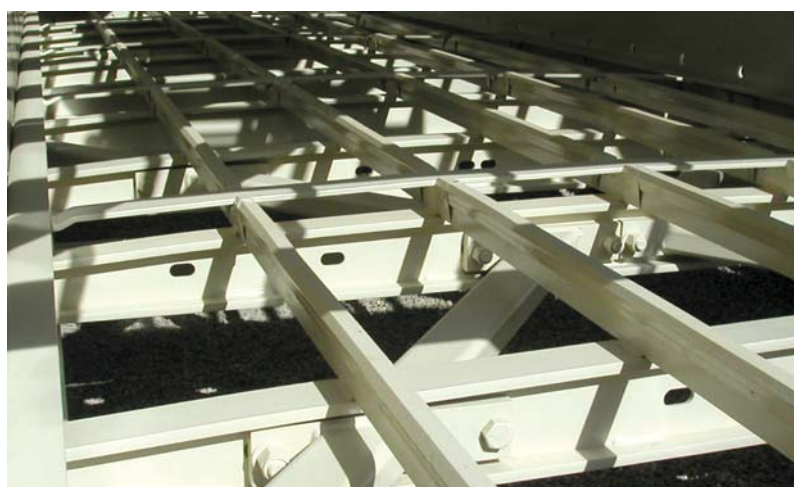
Fazem parte do fornecimento padrão os revestimentos com placas substituíveis de borracha para a caixa de alimentação e todos os lábios de descarga. A chapa lateral da peneira é protegida pelos esticadores de tela ou no caso de tela Trelstep, por placas de borracha substituíveis. As diagonais que enrijessem os quadros modulares também são revestidos de fábrica com borracha.



*Proteção das vigas principais.*



*Proteção contra desgaste.*



*Painéis-suporte.*

## Telas

Além das convencionais telas em aço, as peneiras CBS são adequadas à utilização das modernas telas em borracha e poliuretano. A Metso, detentora das marcas Trellex e Skega, possui know-how superior a 50 anos na manufatura e aplicação destas telas.

Telas Metso de grande resistência ao impacto aliadas a grande flexibilidade e resistência a abrasão, tornam este produto inigualável em custo/benefício e propriedades de auto-limpeza. Uma maior estratificação é gerada com o inovador sistema de fixação "snap on", que além de garantir total intercâmbio de módulos, torna rápido e seguro a substituição de módulos desgastados.

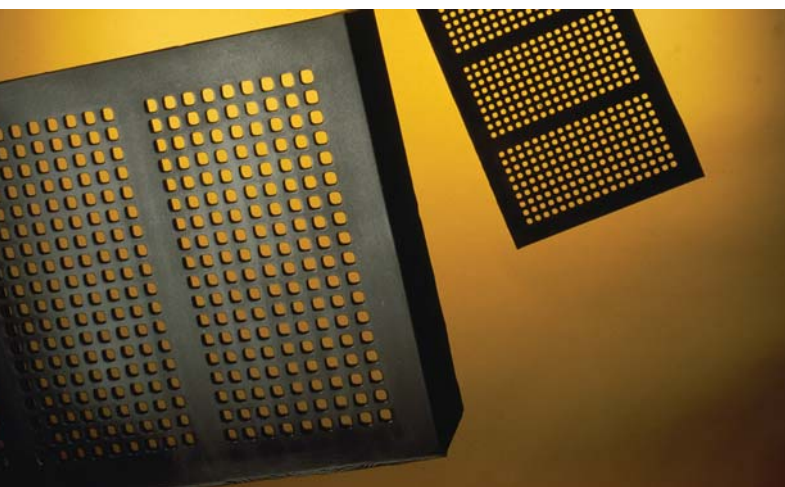
As peneiras CBS oferecem uma flexibilidade incomum de adaptação para qualquer tipo de tela. A versão padrão é preparada para telas de arame ou de borracha, tensionadas lateralmente.

Para instalar outro arranjo de tela, como, por exemplo, o sistema de placas rígidas tipo Trelstep, basta substituir os painéis originais por um modelo adequado. A troca é rápida e não requer a alteração estrutural da máquina.

Podemos fornecer os painéis de suporte, preparados para qualquer tipo.



Tela tensionada Superflex.



Sistema Stepflex.

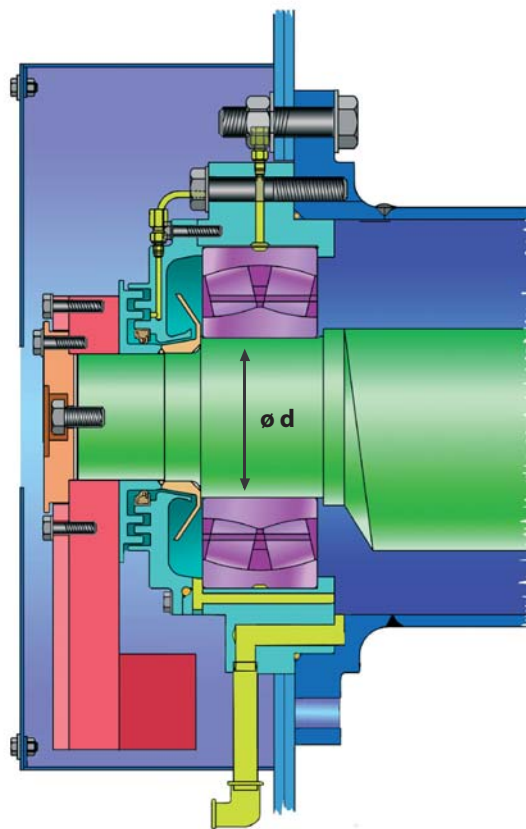
## Vibrador

Os vibradores da linha V-100 são constituídos de eixo rígido excêntrico, apoiado em rolamentos auto-compensadores de rolos, especiais para aplicações vibratórias dimensionados para uma vida teórica superior a 30.000 horas.

A lubrificação padrão é a banho de óleo. O sistema de vedação, composto de selo centrífugo (formado por dois discos de perfil cônico) e retentor de contato, praticamente elimina qualquer possibilidade de vazamento.

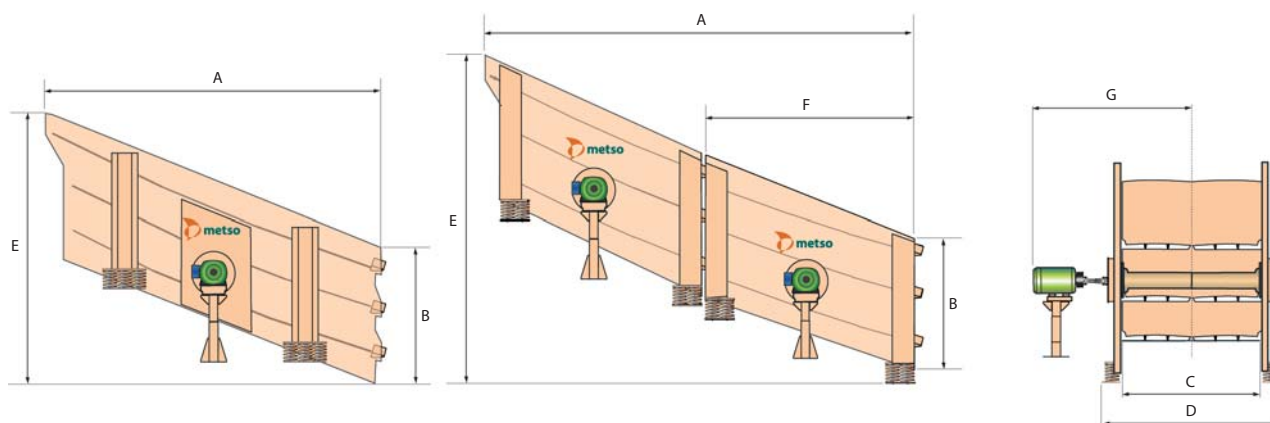
Adicionalmente, um sistema de labirinto com graxa impede a entrada de pó, garantindo a limpeza do óleo por longo período.

A designação de tamanho dos vibradores corresponde ao diâmetro do eixo no rolamento.



Vibrador linha V-100.

## Nordberg CBS



Modelos	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)
CBS 5' x 14'TD	4590	2010	1525	2010	3800	-	2170
CBS 6' x 16' DD	5110	1300	1835	2610	3327	-	2465
CBS 6' x 16'TD	5110	1820	1835	2610	3850	-	2465
CBS 6' x 16' QD	5110	2200	1835	2320	4100	-	2465
CBS 7' x 20' DD	6240	1800	2140	2800	4270	-	2830
CBS 7' x 20'TD	6240	2290	2140	2800	4640	-	2830
CBS 8' x 20' DD	6240	1800	2445	3110	4270	-	2770
CBS 8' x 20'TD	6240	2290	2445	3110	4640	-	2770
CBS 8' x 24' DD	7540	1600	2445	3110	4780	3660	2770
CBS 8' x 24'TD	7540	2340	2445	3110	5780	3660	2770
CBS 10' x 24' DD	7540	2532	3055	3626	5800	3660	3125
CBS 10' x 24'TD	7540	2100	3055	3626	5250	3660	3125

Modelos	Tamanho (cm)	Decks	Construção	Vibrador	Rolamentos	Movimento (mm)	Motor (hp)	Rotações em 60 Hz (rpm)	Peso do conj. vibrante (kg)	Peso total (kg)
CBS 5' x 14'TD	1525 x 4590	3	Monobloco	V-120	22324	6 - 10	20	880	4500	5200
CBS 6' x 16' DD	1800 x 4800	2	Monobloco	V-140	22328	8 - 14	30	880	5900	6120
CBS 6' x 16'TD	1800 x 4800	3	Monobloco	V-140	22328	7 - 11	30	880	7150	7380
CBS 6' x 16' QD	1800 x 4800	4	Monobloco	V-160	22320	8 - 13	40	880	8200	8600
CBS 7' x 20' DD	2100 x 6000	2	Monobloco	V-160	22332	8 - 14	40	880	8500	9500
CBS 7' x 20'TD	2100 x 6000	3	Monobloco	V-160	22332	7 - 11	40	880	10590	11510
CBS 8' x 20' DD	2400 x 6000	2	Monobloco	V-180	22336	8 - 14	40	880	10800	11650
CBS 8' x 20'TD	2400 x 6000	3	Monobloco	V-180	22336	7 - 11	40	880	12100	12920
CBS 8' x 24' DD	2400 x 7200	2	2 Módulos	2 x V-140	22328	8 - 14	2 x 30	880	5850 / 5700	12400
CBS 8' x 24'TD	2400 x 7200	3	2 Módulos	2 x V-140	22328	7 - 11	2 x 30	880	7120 / 6980	15100
CBS 10' x 24' DD	3050 x 7200	2	2 Módulos	2 x V-160	22320	8 - 14	2 x 30	880	8365 / 8120	18950
CBS 10' x 24'TD	3050 x 7200	3	2 Módulos	2 x V-160	22320	7 - 11	2 x 40	880	9735 / 9530	21695

A Metso Minerals se reserva ao direito de alterar os dados constantes neste catálogo sem prévio aviso.

## Equipamentos de Peneiramento Metso Minerals

### Linha de Produtos:

Peneiras Movimento Circular  
Peneiras Desaguadoras  
Peneiras Vibratórias  
Peneiras Inclinadas  
Conjuntos móveis e semi-móveis de peneiramento

Peneiras Movimento Linear  
Peneiras de Escalpe  
Peneiras Horizontais  
Peneiras de Multi-inclinações

### Metso Minerals (África do Sul)

64 Jet Park road  
1600 Jet Park  
Gauteng  
África do Sul  
Fone: +27-11 961 4000  
Fax: +27-11 397 5960

### Metso Minerals (América do Norte e Central)

20965 Crossroads Circle  
Waukesha, WI 53186  
EUA  
Fone: +1 262 717 2500  
Fax: +1 262 717 2501

### Metso Minerals (América do Sul)

Avenida Independência, 2500 - Éden  
18087-050 Sorocaba  
Brasil  
Fone: +55 15 2102 1300

### Metso Minerals (Ásia-Pacífico)

Level 2, 1110 Hay Street  
West Perth, WA 6005  
Austrália  
Fone: +61 8 9420 5555  
Fax: +61 8 9420 5500

### Metso Minerals (China)

19/F, The Exchange Beijing, Tower 4  
China Merchants Centre  
No. 118 Jian Guo Lu Yi Chaoyang District  
100022 Beijing,  
China  
Fone: +86 10 6566 6600  
Fax: +86 10 6566 2583

### Metso Minerals (Europa)

Verkstadsvägen 26  
S-245 34 Staffanstorps  
Suécia  
Fone: +46 40 24 3250  
Fax: +46 40 24 3299

### Metso Minerals (Internacional)

Terminalsgatan 2  
231 32 Trelleborg  
Suécia  
Fone: +46 40 24 5800  
Fax: +46 40 245854

[www.metsominerals.com.br](http://www.metsominerals.com.br)  
E-mail: [marketing.br@metso.com](mailto:marketing.br@metso.com)



Sujeito à alteração sem prévio aviso.



trituradoras primarias

www.metso minerals.com

## Trituradoras de mandíbulas Nordberg Serie C







## Contenido

Alta calidad y fiabilidad .....	4
Alto rendimiento.....	6
Bajos costes de funcionamiento e instalación .....	10
Instalaciones en superficie .....	14
Instalaciones subterráneas.....	16
Plantas móviles .....	18
Información técnica .....	20
No todas las trituradoras de mandíbulas son iguales.....	22

## La trituradora de mandíbulas preferida en el mundo entero

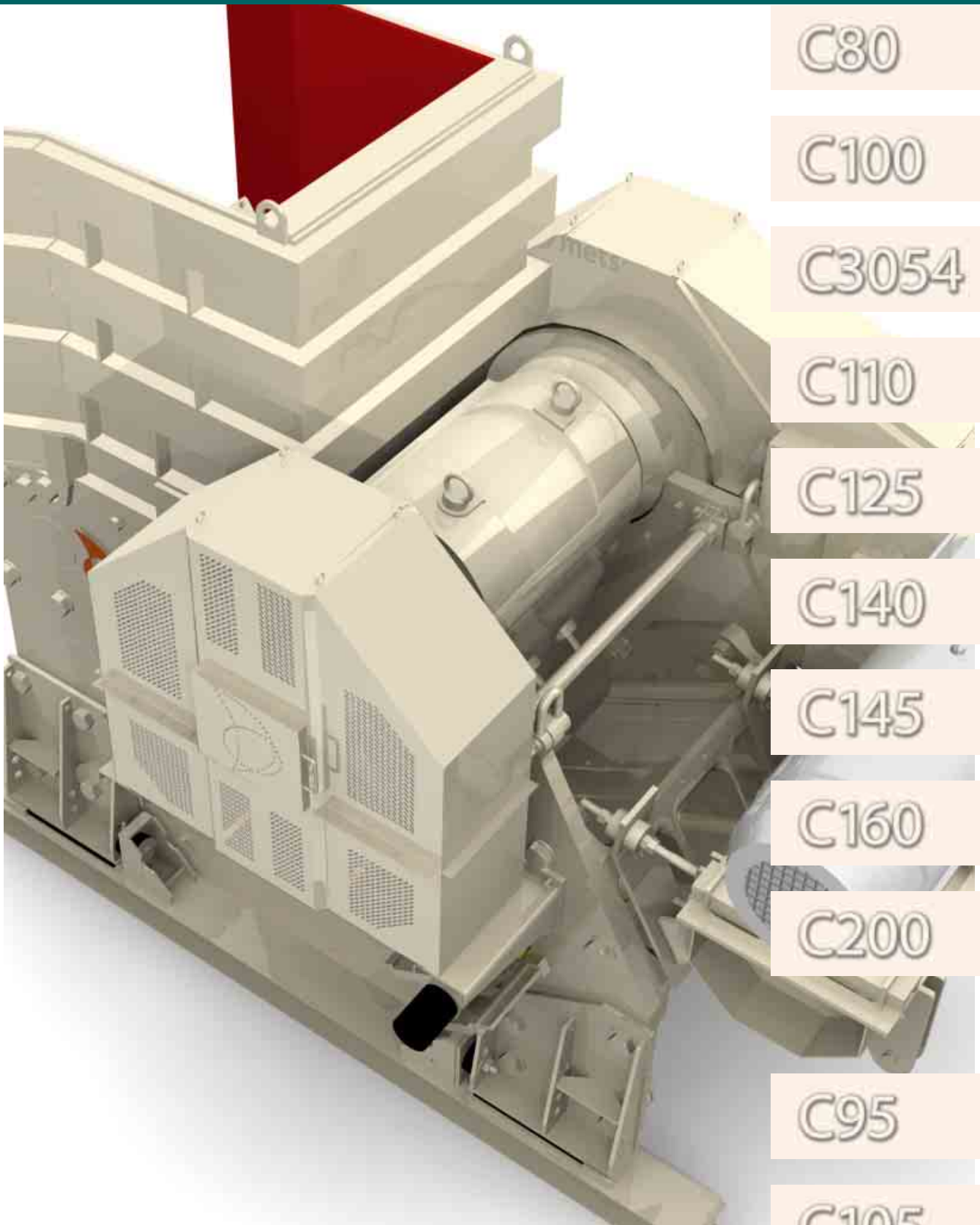
Metso Minerals, el grupo líder mundial en el procesamiento de rocas y minerales, ha instalado más de 10.000 trituradoras de mandíbulas desde la década de 1920. En la actualidad, la Nordberg Serie C es, sin duda alguna, la trituradora de mandíbulas preferida en todo el mundo. En todas las situaciones en las que se requiere una reducción primaria rentable de materiales abrasivos y de alta dureza, las trituradoras de la Serie C representan el máximo nivel de conocimientos técnicos y de fabricación.

Todas las trituradoras de mandíbulas de la Serie C se basan en una revolucionaria construcción de bastidor modular sin soldaduras. Este diseño ofrece a los usuarios la máxima resistencia posible a la fatiga, una excelente fiabilidad y numerosas posibilidades de montaje. Todo ello, combinado con sus componentes de acero fundido de alta calidad y sus rodamientos de rodillos esféricos, proporciona una disponibilidad excepcionalmente alta de la trituradora, un proceso rentable y un coste reducido por tonelada.

La línea de la Serie C incorpora en la actualidad 2 gamas de modelos. La primera es la gama de trituradoras de mandíbulas de tipo tradicional y muy conocidas en el mercado, diseñadas para aplicaciones tanto fijas como móviles (C80, C100, C3054, C110, C125, C140, C145, C160, C200). La segunda gama se ha diseñado específicamente para adaptarse a las necesidades de la trituración móvil de tamaño pequeño o mediano (C95, C105). Todas las trituradoras de la Serie C se diseñan para triturar roca de altísima dureza.

Sean cuales sean sus necesidades de trituración (desde roca abrasiva y de alta dureza hasta distintos materiales de reciclaje), siempre encontrará la solución óptima dentro de la gama de trituradoras de mandíbulas Nordberg Serie C. ¡Compruebe de primera mano las ventajas de la trituradora de mandíbulas preferida en el mundo entero!

## Presentación del producto



C80

C100

C3054

C110

C125

C140

C145

C160

C200

C95

C105

# Alta calidad y fiabilidad

## Fabricación y materiales líderes en el mundo

Las trituradoras de la Serie C resultan insuperables tanto por su diseño como por los materiales que utilizamos en su fabricación. Se ha prestado una atención especial incluso a los detalles más pequeños, con el fin de garantizar la máxima funcionalidad y fiabilidad posible y sin hacer ningún tipo de concesión. ¡Quienes han instalado y utilizado trituradoras de mandíbulas de la Serie C saben que no todas las trituradoras de mandíbulas son iguales!

## Construcción modular sin soldaduras

La exclusiva construcción modular del bastidor, sin soldaduras, es un diseño de última generación basado en dos placas laterales de acero laminado en caliente, unidas a bastidores de acero fundido de alta calidad mediante rebordes mecanizados con alta precisión y asegurados por pernos. La ausencia de inductores de tensión, como los cordones de soldadura, garantiza una excelente resistencia frente a las cargas de impacto.

## Conjunto de biela de alta resistencia

La biela se fabrica en acero fundido de alta calidad y es accionada por dos volantes de inercia macizos de acero o hierro fundidos. Un eje excéntrico forjado de gran tamaño y cuatro grandes rodamientos de rodillos cilíndricos todos del mismo tamaño, garantizan la máxima fiabilidad incluso en las condiciones de trituración más exigentes. Los rodamientos se lubrican con grasa y están protegidos de cualquier contaminación mediante juntas laberínticas de resultados probados.

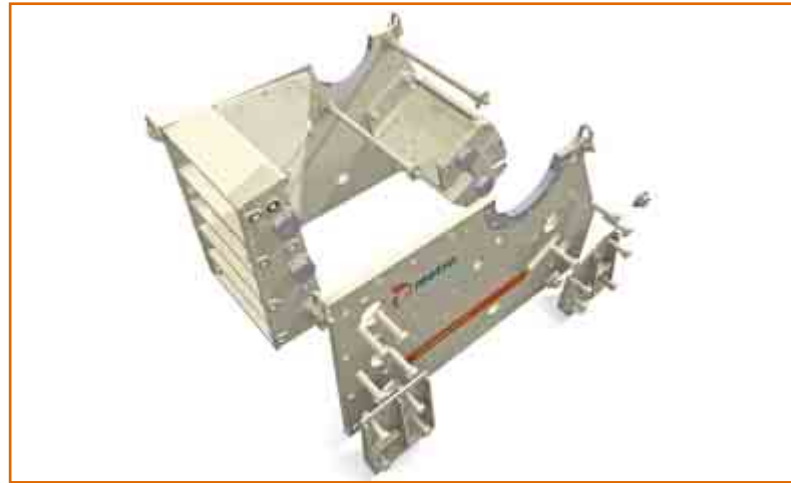
## Alojamientos para rodamientos con bastidor de acero fundido de una pieza

Los alojamientos para rodamientos con bastidor de acero fundido de una pieza garantizan una adaptación perfecta al bastidor de la trituradora. También evitan la aplicación de cargas innecesarias a los rodamientos del bastidor, algo que ocurre habitualmente con los alojamientos para rodamientos con bastidor de dos piezas.

## Construcción de trituradora reparable

Las trituradoras de la Serie C siempre satisfacen las expectativas de resistencia de sus usuarios durante las 24 horas del día, pero puede darse el caso de que necesiten cierta atención. Gracias al uso de componentes de acero fundido, la trituradora puede ser regenerada o reconstruida de forma económica después de un buen número de años de uso. Estas reparaciones resultan poco rentables o incluso imposibles de realizar en el caso de otros diseños de trituradora.

*El robusto conjunto de biela garantiza la máxima fiabilidad incluso en las condiciones de trituración más exigentes.*



*La biela, los bastidores de la trituradora y los alojamientos para rodamientos se fabrican en acero fundido de alta calidad.*



*Su construcción modular sin soldaduras garantiza una excelente resistencia.*



*Todas las trituradoras de la Serie C incorporan rodamientos de eje excéntrico mayores y más resistentes que otras trituradoras de unas dimensiones comparables.*

## El diseño de cavidad perfecto

Las trituradoras de mandíbulas de la Serie C se diseñan literalmente "de dentro afuera", dado que la cavidad es el corazón y la razón de existir de la trituradora de mandíbulas. Por eso llevamos muchos años prestando una gran atención a las dimensiones de las aberturas de alimentación, así como a la altura de la cavidad. La perfecta relación entre la anchura de la abertura de alimentación y la profundidad de la cavidad garantiza el mínimo de bloqueos y evita que la trituradora tenga una altura innecesaria.

## Cinemática de alto impacto y gran potencia

Además de utilizar unas dimensiones adecuadas en la cavidad, es necesario aplicar la cinemática correcta. Por ello, las trituradoras de mandíbulas de la Serie C cuentan con una larga carrera excéntrica acoplada a un ángulo de placa basculadora elevado que aumenta el vaivén eficaz en la descarga de la trituradora. El vaivén largo, combinado con la velocidad adecuada, la inercia de los volantes y la alta potencia de trituración disponible dan como resultado un rendimiento de trituración disponible como resultado de un funcionamiento de trituración impresionante. El funcionamiento con reglaje reducido, así como el método elegido para el reglaje, permite obtener productos más finos en comparación con otras trituradoras.

## Las mandíbulas adecuadas para cada aplicación

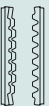



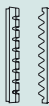



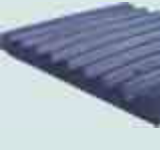


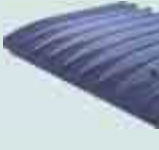

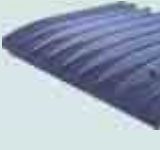


Con el paso de los años hemos desarrollado muchos tipos de mandíbulas para optimizar el rendimiento de las trituradoras Nordberg Serie C en una amplísima gama de aplicaciones, como canteras convencionales, minas, graveras y reciclaje de asfalto y material de demoliciones. Los perfiles de los dientes, así como el grosor de las mandíbulas, están optimizados y combinados con las mejores aleaciones de acero al manganeso para aumentar al máximo la productividad y minimizar los costes de funcionamiento. Metso Minerals también desarrolla activamente mandíbulas para aplicaciones especiales. También están disponibles placas laterales especiales.



Desarrolladas inicialmente para las exigentes condiciones de trabajo las trituradoras de mandíbulas de la Serie C Trituran con eficiencia materiales duros.



El diseño perfecto de la cavidad y una cinemática adecuada son dos de los motivos por los que la Serie C ofrece un alto rendimiento días tras día.

Estándar	Cantera	Dientes mayores	Especial y cantera	Cantera y mayor agarre	Contra losas	Reciclaje, ondulado	Reciclaje, corrugado
							
							

Existen muchos tipos de mandíbulas para las distintas aplicaciones. Póngase en contacto con Metso Minerals si necesita asesoramiento para su aplicación en concreto.

# Capacidades y especificaciones técnicas **Alto rendimiento**

		C95	C105	C80	C100	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200
Anchura de la abertura de alimentación mm		930	1060	800	1000	1375	1100	1250	1400	1400	1600	2000
Profundidad de la abertura de alimentación mm		580	700	510	760	760	850	950	1070	1100	1200	1500
Potencia kW		90	110	75	110	160	160	160	200	200	250	400
Velocidad (rpm)		330	300	350	260	260	230	220	220	220	220	200
Tamaño del producto mm	Lado cerrado Reglaje mm	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h
0-30	20			*								
0-35	25	*	*	*								
0-45	30	*	*	*								
0-60	40	*	*	55 - 75	*	*	*					
0-75	50	*	*	65 - 95	*	*	*					
0-90	60	105 - 135	*	80 - 110	*	*	*					
0-105	70	125 - 155	135 - 175	95 - 135	125 - 175	210 - 270	160 - 220					
0-120	80	140 - 180	155 - 195	110 - 150	145 - 200	240 - 300	175 - 245	*				
0-135	90	160 - 200	175 - 225	125 - 175	160 - 220	260 - 330	190 - 275	*	*	*		
0-150	100	175 - 225	195 - 245	140 - 190	180 - 250	285 - 365	215 - 295	245 - 335	*	*	*	
0-185	125	220 - 280	245 - 315	175 - 245	220 - 310	345 - 435	260 - 360	295 - 405	325 - 445	335 - 465	*	*
0-225	150	265 - 335	295 - 375	210 - 290	265 - 365	405 - 515	310 - 430	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	*
0-260	175	310 - 390	345 - 435	245 - 335	310 - 430	465 - 595	350 - 490	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-300	200		390 - 500		355 - 490	530 - 670	405 - 555	445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1000
0-340	225							495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1105
0-375	250							545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1215
0-410	275									690 - 950	745 - 1055	940 - 1320
0-450	300										815 - 1145	1015 - 1435

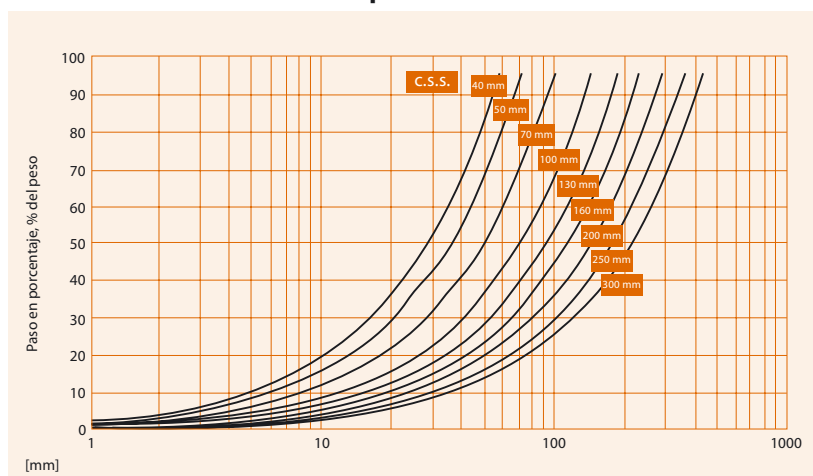
\* Con frecuencia es posible utilizar reglajes del lado cerrado más reducidos, en función de la aplicación y los requisitos de producción. Póngase en contacto con Metso Minerals para recibir una estimación de rendimiento para su aplicación en concreto.

Las cifras anteriores se basan en un material de alimentación con una masa específica media de 2,7, con un tamaño máximo de alimentación que entra sin problemas en la cámara de trituración sin pasante y retirando el material menor al css (lado cerrado). Las capacidades pueden variar en función del método de alimentación y de características de alimentación como la granulometría, la densidad bruta, la humedad, el contenido de arcillas y la facilidad de trituración.

La medición del reglaje del lado cerrado de la trituradora varía en función del perfil de mandíbulas utilizado y afecta a la capacidad y la graduación del producto en la trituradora. Los factores siguientes permiten aumentar la capacidad y el rendimiento de la trituradora:

1. Selección adecuada de las mandíbulas.
2. Graduación correcta de la alimentación.
3. Velocidad de alimentación controlada.
4. Suficiente capacidad y anchura del alimentador.
5. Área de descarga adecuada para la trituradora.
6. Cinta transportadora de descarga dimensionada para transportar la máxima capacidad de la trituradora.

## Graduación de productos indicativa



La trituradora de mandíbulas Nordberg C110 en una instalación fija.

# Bajos costes de funcionamiento e instalación

## Bajos costes de funcionamiento e instalación

Además de ofrecer un alto rendimiento, las trituradoras de la Serie C se han diseñado también para reducir sus costes totales de trituración. Cada característica exclusiva de la Serie C aporta ventajas específicas que influyen directamente en su cuenta de resultados. Por ello, usted experimentará un claro aumento de la rentabilidad. ¡Quienes han instalado y utilizado trituradoras de mandíbulas de la Serie C saben que no todas las trituradoras de mandíbulas son iguales!

## Sistemas de reglaje tan rápidos como seguros

Todas las trituradoras de la Serie C cuentan con un sistema probado, resistente y rápido de reglaje por cuñas. El reglaje por cuñas resulta más sencillo, mucho más seguro y más rápido que los obsoletos sistemas de reglaje por suplementos.

El reglaje de la trituradora puede hacerse a mano y en cuestión de minutos, con herramientas que se suministran con la trituradora y sin necesidad de manejar suplementos sucios y pesados. Otra posibilidad es cambiar el reglaje de la trituradora en segundos desde una ubicación remota. ¡Incluso cuando la trituradora está llena. El sistema también resulta especialmente efectivo a la hora de vaciar la cavidad de la trituradora si llega a pararse con carga debido a interrupciones del suministro eléctrico.

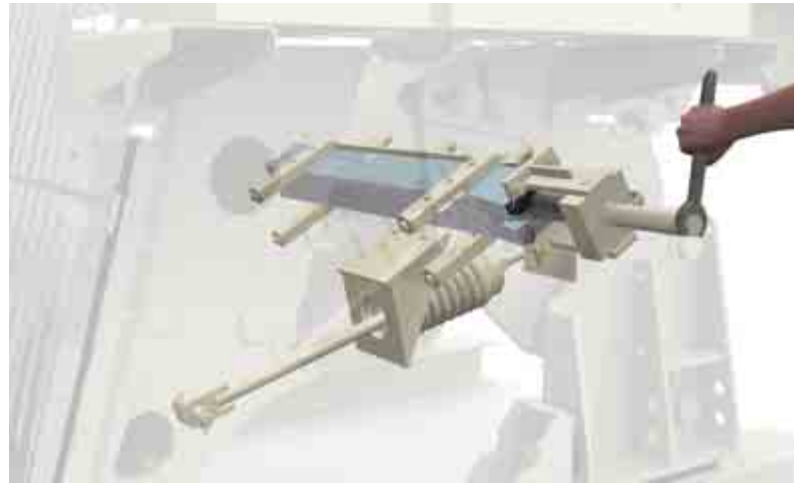
## ¿Preferiría no tener que reparar continuamente la cimentación de su trituradora de mandíbulas?

Los amortiguadores y topes de goma reducen eficazmente las cargas de compresión aplicadas a la cimentación, reduciendo la absorción de los picos de carga de impacto y permitiendo que la trituradora se mueva tanto vertical como longitudinalmente. Este sistema exclusivo e innovador elimina la necesidad de usar pernos de anclaje y es una solución mucho más práctica, ya que los esfuerzos de anclaje pueden llegar a dañar la cimentación de una trituradora de mandíbulas.

## Los rodamientos más resistentes del mercado

Todas las trituradoras de la Serie C incorporan rodamientos de eje excéntrico mayores y más resistentes que otras trituradoras de unas dimensiones comparables. Su mayor capacidad de soporte de cargas y la eficacia de sus juntas laberínticas permiten alargar considerablemente la vida útil de los rodamientos.

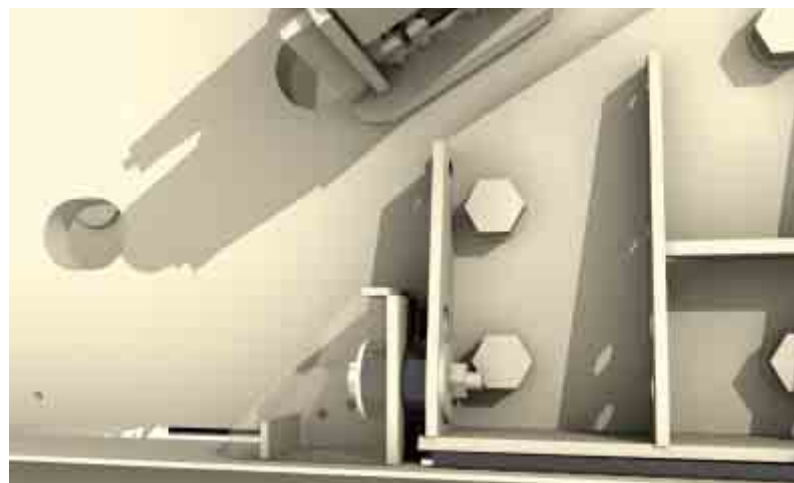
Una trituradora de mandíbulas A Nordberg C140 en una instalación fija.



El reglaje manual por cuñas resulta más rápido y seguro que los obsoletos sistemas de reglaje por suplementos.



El reglaje hidráulico por cuñas permite cambiar el reglaje en segundos incluso mientras la trituradora está vacía.



Los amortiguadores y topes especiales fabricados en goma permiten que la trituradora se mueva tanto vertical como longitudinalmente, evitando con ello los desgastes y posibles daños posteriores en la cimentación de la trituradora.

# Bajos costes de funcionamiento e instalación

## Versátil base para motor integrada

La base para motor integrada está montada en el bastidor principal de la trituradora, con lo que se reducen las necesidades de espacio y la necesidad de usar correas trapecoidales muy largas. La vida útil de las correas trapecoidales se alarga gracias a que no existe ningún movimiento diferencial entre la trituradora y la base para motor integrada. Además, la base pivota sobre la trituradora a la hora de ajustar la tensión de las correas trapecoidales. Por otro lado, admite motores eléctricos tanto de tipo IEC como NEMA. El uso de una base para motor integrada permite utilizar protectores estándar sobre los volantes de inercia, eliminando la necesidad de trabajos de ingeniería y montaje en sus instalaciones.

## Protectores de volantes de inercia compactos y con servicio técnico sencillo

Los protectores de los volantes de inercia están fijados con pernos a las placas laterales de la trituradora y protegen eficazmente a los operadores de las piezas móviles potencialmente peligrosas. Las ventanas de inspección y las puertas de acceso permiten a los técnicos inspeccionar y mantener la trituradora. Su uso también permite un acceso más cómodo a la trituradora, dado que los protectores no están apoyados en la plataforma de servicio.

## Conducto de alimentación especial

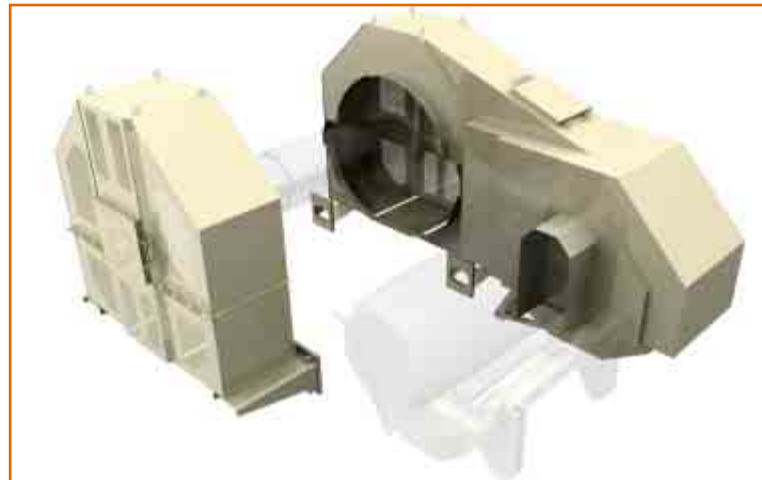
El conducto de alimentación se ha diseñado para guiar eficazmente la alimentación hacia el interior de la cavidad de la trituradora. La retirada y el montaje de las mandíbulas y las placas laterales se realizan sin necesidad de mover ni desmontar el conducto de alimentación. Este conducto está fijado con pernos a la trituradora y puede desmontarse para otras tareas de mantenimiento.

## Otras excelentes características que reducirán sus costes

Existen varias características adicionales que le ayudarán a conseguir unos costes de funcionamiento e instalación muy reducidos. Entre ellas se encuentra el sistema de lubricación automática con grasa, distintos soportes de montaje para adaptarse a distintas alturas de alimentación, sensores de temperatura y velocidad, placas de protección y placas intermedias que permiten aumentar al máximo el aprovechamiento de las mandíbulas de manganeso. También existen placas desviadoras que protegen a la cinta transportadora de descarga de la trituradora ante las barras de acero puntiagudas que suelen aparecer en las aplicaciones de reciclaje.



La base para motor integrada reduce los requisitos de espacio y los costes de mantenimiento.



Los protectores de los volantes de inercia reducen los requisitos de espacio alrededor de la trituradora.



El conducto de alimentación protege eficazmente a la trituradora y puede desmontarse para tareas e mantenimiento.

Una trituradora de mandíbulas A Nordberg C160 en una instalación fija de minería.

# Instalaciones en superficie

## Su mejor opción para instalaciones en superficie

Las trituradoras de mandíbulas Nordberg Serie C son su mejor opción para las instalaciones fijas en superficie, como canteras, minas, graveras e incluso plantas de reciclaje. Su facilidad de instalación y servicio junto con su productividad las hacen especialmente adecuadas tanto para instalaciones existentes como para nuevos emplazamientos.

## La mejor sustituta para su trituradora actual

Gracias a sus requisitos generales de espacio, las trituradoras de la Serie C son la opción idónea para sustituir a sus trituradoras de mandíbulas actuales de simple y doble efecto. En comparación con las trituradoras de esas versiones anteriores, presentan unos requisitos de cimentación menores y por tanto rara vez se requieren modificaciones en la cimentación existente.

Un aumento en la capacidad de la planta, la capacidad para procesar una alimentación más gruesa y la posibilidad de producir un producto más fino son algunas de las ventajas de sustituir las trituradoras de simple y doble efecto de unas dimensiones comparables.

## Conocimientos profundos en plantas completas

Metso Minerals diseña y suministra sistemas completos de trituración y cribado de áridos. Tenemos presencia local en todo el mundo y gestionamos el diseño de plantas, la selección de equipos, el aprovisionamiento, la fabricación, la instalación y la puesta en servicio. Cada nueva planta de trituración primaria se adapta a las necesidades de cada cliente. Nuestros distintos tipos de disposiciones de alimentación, la automatización, la facilidad de servicio y la rentabilidad global son las claves de nuestro éxito.



Una C125 durante la fase de instalación en una nueva planta de trituración primaria.



Una C145 durante la fase de instalación en una nueva planta de trituración primaria.



Una C200 tras la sustitución de una trituradora de mandíbulas de doble placa basculadora. Se ha aumentado la capacidad de la planta sin necesidad de modificar la cimentación.

Una trituradora de mandíbulas A Nordberg C145 en una instalación fija.



## Su mejor opción para instalaciones subterráneas

Sin duda alguna, las trituradoras de la Serie C son las trituradoras más utilizadas en las minas y canteras subterráneas de todo el mundo. Su productividad, fiabilidad, facilidad de transporte y posibilidades de automatización hacen de ellas la opción idónea para las producciones que funcionan las 24 horas del día.

## Montaje subterráneo

El transporte de las trituradoras de la Serie C hasta las instalaciones subterráneas se ha simplificado enormemente, dado que todos y cada uno de los componentes principales se maneja por separado y el ensamblaje final de la trituradora se realiza bajo tierra. Este hecho influye directamente en la planificación de la mina, consiguiéndose con frecuencia un ahorro considerable de costes y tiempo.

El ensamblaje final bajo tierra sólo necesita los elevadores habituales y se realiza en un tiempo sorprendentemente corto.

## Fácil de automatizar

Gracias a su reglaje de tipo hidráulico, las trituradoras de mandíbulas de la Serie C pueden integrarse completamente en los sistemas de automatización de la planta. El reglaje de la trituradora puede cambiarse desde un armario eléctrico situado junto a la trituradora o desde la sala de control, con sólo pulsar un botón e incluso mientras la trituradora está en carga.

La lubricación de los rodamientos de la trituradora puede automatizarse también. Las temperaturas de los rodamientos, la velocidad de la trituradora y los niveles de la cavidad pueden medirse e integrarse completamente en los sistemas de automatización de la planta.



Las trituradoras de mandíbulas de la Serie C, con su diseño con pasadores y pernos, son fáciles de transportar y mover en minas subterráneas estrechas.



Una C160 en una mina aurífera subterránea.



Una trituradora de mandíbulas A Nordberg C200 en el proceso de montaje en una mina subterránea. La trituradora fue transportada en piezas y ensamblada bajo tierra.

Una C200 en funcionamiento en una mina subterránea de cinc y cobre a 1.400 metros de profundidad. La trituradora se monitoriza y maneja desde la sala de control situada en la superficie.

# Plantas móviles

## Líderes en plantas móviles con trituradoras primarias de mandíbulas

Metso Minerals ha sido la empresa pionera en el desarrollo de plantas de trituración totalmente móviles y montadas sobre orugas y también lleva décadas suministrando plantas sobre ruedas y semimóviles. Las plantas de trituración con mandíbulas Lokotrack (LT) y Nordberg NW se usan en producciones de áridos, minería, reciclaje y trituración en túneles.

El centro de cada planta móvil con trituradora de mandíbulas es una trituradora Nordberg Serie C.

## Movilidad total con la gama Lokotrack

La planta móvil de trituración de la Serie Lokotrack se basa en ideas innovadoras centradas en la flexibilidad que permiten trasladar el equipo hasta el frente de arranque para eliminar la necesidad de utilizar camiones de acarreo. Las plantas Lokotrack pueden moverse dentro de un mismo emplazamiento o de un emplazamiento a otro, lo que significa menores costes de transporte de materiales. La transportabilidad puede mejorarse aún más con opciones especiales como las versiones multirruedas o divididas. La utilización de equipos de trituración totalmente móviles presenta unas ventajas considerables, como la reducción del tráfico, el ruido y las emisiones contaminantes en la cantera. Gracias a la combinación de todos estos factores, se consigue un entorno de trabajo más seguro y más limpio.

## Una planta móvil Nordberg para cada proceso de trituración

Independientemente de si el requisito prioritario es una alta capacidad de producción, buena adaptación a distintos procesos, cubicidad excelente o trituración eficiente de materiales reciclados, la gama de plantas móviles de Metso Minerals puede ofrecerle la respuesta más adecuada.

Desde las aplicaciones de trituración bajo pedido hasta las exigentes aplicaciones de trituración dentro de la excavación, Metso Minerals cuenta con la planta móvil adecuada y adaptada a sus necesidades de capacidad y producto final.

*La gigantesca Lokotrack LT160, acoplada con las cintas transportadoras móviles Lokolink para áreas de excavación, elimina la necesidad de usar camiones de acarreo.*



*La planta móvil de trituración con mandíbulas Lokotrack LT105S produce 2 productos en una sola fase.*

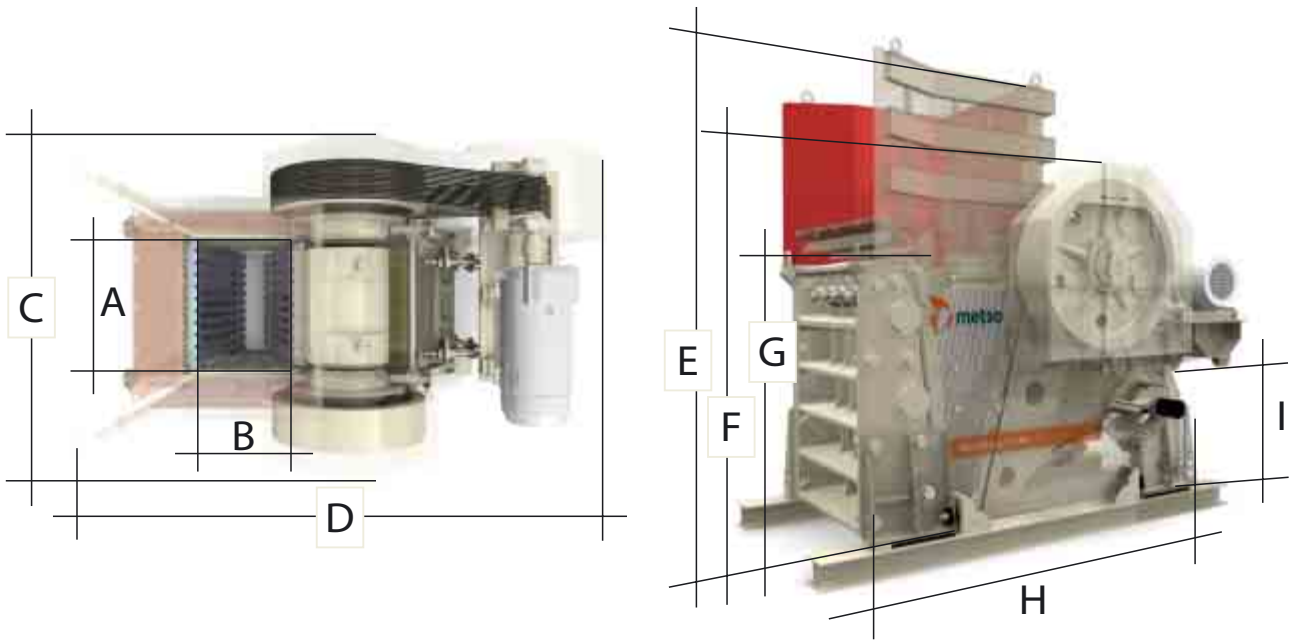


*Proceso de trituración y cribado en tres etapas con los modelos Lokotrack LT110, LT300GP y LT300GPB.*



*Trituración móvil con la NW125.*

# Información técnica

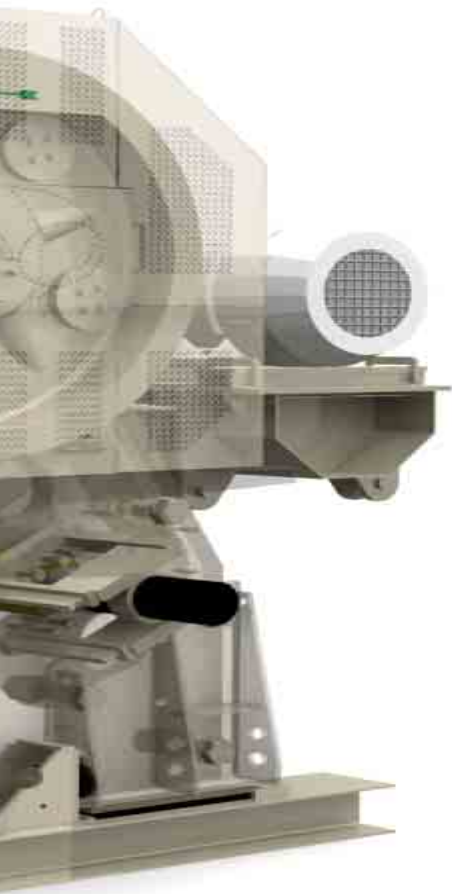


## Dimensiones y pesos

		C95	C105	C80	C100	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200
A	mm	930	1060	800	1000	1375	1100	1250	1400	1400	1600	2000
B	mm	580	700	510	760	760	850	950	1070	1100	1200	1500
C	mm	1755	2030	1526	2420	2640	2385	2800	3010	3110	3700	4040
D	mm	2880	3320	2577	3670	3540	3770	4100	4400	4600	5900	6700
E	mm	1610	2075	1990	2890	2470	2890	3440	3950	4100	4580	4950
F	mm	1460	2005	1750	2490	2470	2750	2980	3140	3410	3750	4465
G	mm	755	1135	1200	1700	1080	1940	2100	2260	2430	2650	2800
H	mm	2500	2630	2100	2965	2950	2820	3470	3755	3855	4280	4870
I	mm	465	700	625	775	690	580	980	1050	1050	1300	1400
Peso de la trituradora básica	kg	9 759	14 350	7 670	20 060	25 900	25 800	37 970	48 250	55 800	71 330	121 510
Peso de la trituradora en operación	kg	11 870	17 050	9 520	23 300	30 300	29 500	43 910	55 600	65 000	83 300	137 160

Los diagramas certificados de disposición general, cimentación y requisitos de espacio para servicio técnico están disponibles a través de Metso Minerals.

# No todas las trituradoras de mandíbulas son iguales



En contra de lo que se suele creer, no todas las trituradoras de mandíbulas son iguales. Ésta es una afirmación que se cumple claramente en el caso de las trituradoras de mandíbulas Nordberg Serie C. Pero nuestro éxito no tiene secretos. ¡Compruebe de primera mano las ventajas de la trituradora de mandíbulas preferida en el mundo entero!

## **Alta calidad y fiabilidad**

- Fabricación y materiales líderes en el mundo
- Construcción modular sin soldaduras
- Cuatro rodamientos del mismo tamaño, más grandes que los de la mayoría de las trituradoras de unas dimensiones comparables
- Biela y bastidores de la trituradora fabricados en acero fundido
- Alojamiento para rodamientos con bastidor de acero fundido de una pieza
- Construcción de trituradora reparable

## **Alto rendimiento**

- El diseño de cavidad perfecto
- Gran excentricidad velocidad óptima y alta potencia instalada
- Reglaje reducido de la trituradora
- Mandíbulas y placas laterales adecuadas para la gama más amplia de aplicaciones

## **Bajos costes de funcionamiento e instalación**

- Fácil de automatizar
- Sistema de reglaje por cuñas, tan rápido como seguro
- Placas de protección detrás de las placas de mandíbula
- Trituradora montada sobre amortiguadores de goma
- Versátil base para motor integrada
- Protectores de volantes de inercia compactos y con servicio técnico sencillo
- Conducto de alimentación especial
- Sistema automático de lubricación con grasa

## **Utilizadas en una amplia gama de aplicaciones, tanto fijas como móviles**

- Áridos
- Minería (a cielo descubierto y subterránea)
- Reciclaje (hormigón, asfalto, etc.)
- Industrias (escorias, ánodos, etc.)

## Metso Minerals - Equipos de trituración

### Nuestras gamas: Trituradoras

Trituradoras de mandíbulas Serie C  
Trituradoras primarias giratorias  
Trituradoras de cono Serie GP  
Trituradoras de cono Serie HP  
Trituradoras de cono Serie MP  
Trituradoras horizontales de impacto Serie NP  
Trituradoras verticales de impacto Serie Barmac  
Trituradoras de metales Serie Lindemann  
Trituradoras de laboratorio Nordberg

### Equipos móviles

Plantas móviles de trituración Serie LT  
Plantas portables Serie NW

### Plantas completas

Plantas completas para producción de áridos  
Plantas completas para reciclaje



### Metso Minerals Espana, S.A.

C/ Rivas N° 4  
28052 Madrid  
Tel: +34 91 825 5700  
Fax: +34 91 825 5740

### Metso Minerals (Portugal) Lda.

Rua Sebastião e Silva, No 71-73  
Zona Industrial de Massamá  
2745-838 Massamá  
Tel: +351 1 438 8550  
Fax: +351 1 438 8559

### Metso Minerals Construction

P.O. Box 306  
33101 Tampere  
Finland  
Tel: +358 20 484 142  
Fax: +358 20 484 143

[www.metsominerals.com](http://www.metsominerals.com)

e-mail: [minerals.info.csr@metso.com](mailto:minerals.info.csr@metso.com)



## Molinos de cono Nordberg Serie HP





## Alta prestación para el mayor beneficio

**Si se busca una productividad elevada, pequeños costes de desgaste y mantenimiento, una larga duración mecánica, y áridos de gran calidad con la deseada proporción de finos, la solución es el molino de cono HP. El mercado mundial es de dominio Metso Minerals en los sectores de áridos y minería gracias a su gama de altas prestaciones HP.**

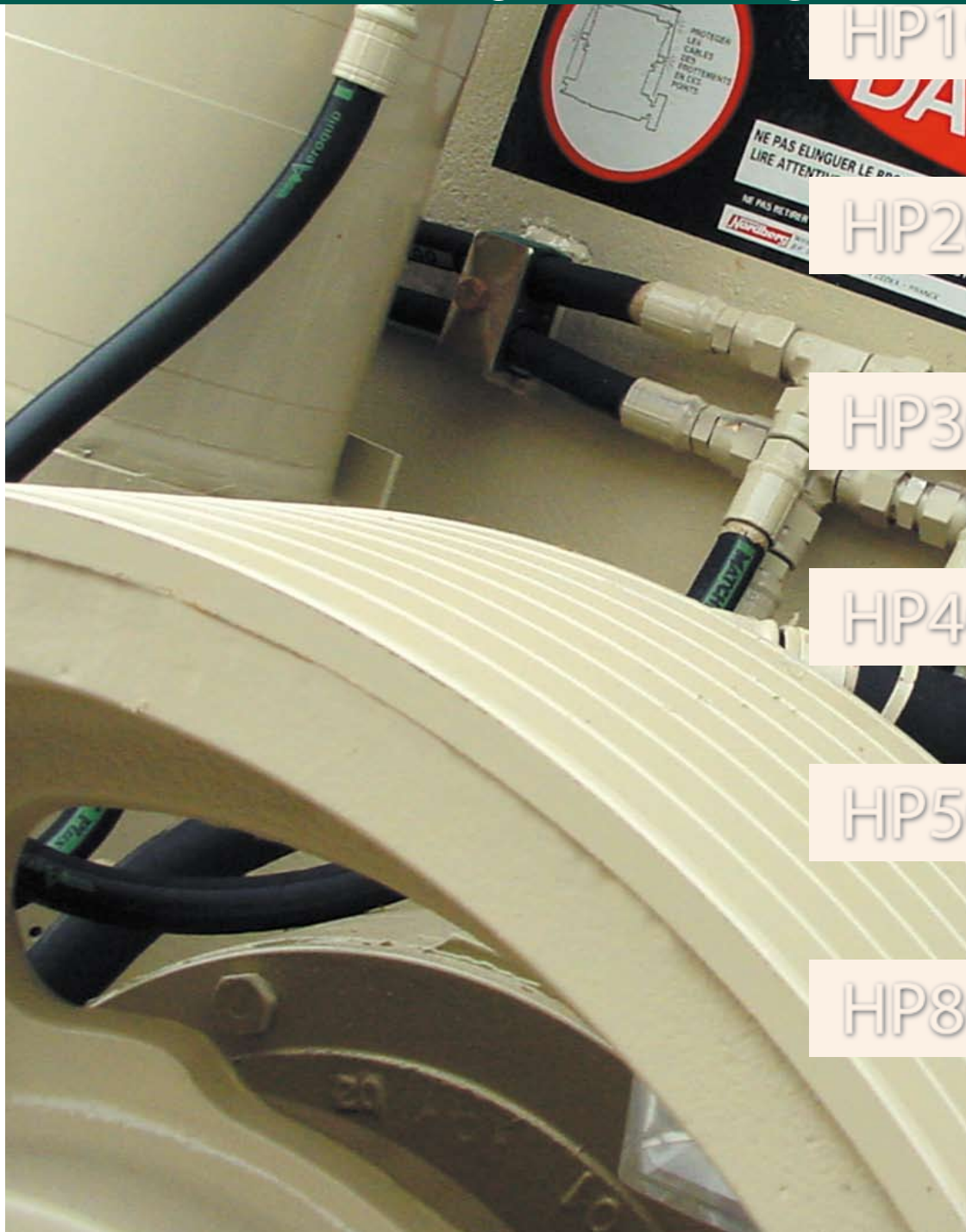
Los molinos de cono HP (Haute Performance) de Metso Minerals proporcionan una combinación única entre la excentricidad, la velocidad y la cámara de trituración. Este concepto revolucionario se ha demostrado ofreciendo una producción mayor, una calidad de producto superior y la ventaja de poder escoger la aplicación deseada. Tanto si se trata de caliza como de diabasa, de producción de balasto o de arena, de una pequeña instalación móvil o de una gran instalación de mina, las prestaciones de los molinos de cono HP en secundario, terciario o cuaternario son inigualables

### **Un amplio pasado de calidad**

Para la realización de los molinos HP, Metso Minerals se ha

basado en los más de 70 años de experiencia de los molinos Symons y en los más de 20 años de experiencia de los molinos Nordberg Omnicone. El molino de cono Symons debe su gran reputación mundial a la robustez de su construcción y a su gran facultad de adaptación a las más diversas aplicaciones. El Symons se ha impuesto como referencia en la industria minera, cuyas instalaciones se encuentran entre las de mayor exigencia en lo referente a tasa de reducción de los materiales y duración en utilización continua. Las innovaciones del Nordberg Omnicone han permitido reducir los costes de mantenimiento y operación, e integrar nuevas opciones tales como el reglaje hidráulico, el sistema de protección contra intriturbables, el sistema de desatascado. Los molinos de la gama HP son ya reconocidos por sintetizar los avances tecnológicos de los productos Metso Minerals, teniendo como objetivo ofrecer los mejores rendimientos, la mayor producción, una máquina más compacta, una fácil automatización, así como la mayor fiabilidad y flexibilidad. Todo ello para permitir alcanzarlos más altos niveles de rentabilidad.

## La gama Nordberg serie HP



HP100

HP200

HP300

HP400

HP500

HP800



### Alcanzar nuevas cimas con Metso Minerals

#### Mas producción

Gracias al aumento de velocidad y excentricidad, que comporta un aumento de la producción pasante, los molinos de cono HP ofrecen las mayores prestaciones de toda la industria.

La tecnología HP permite alcanzar los mayores niveles de producción, reduciendo el tamaño de las instalaciones o el número de máquinas. Metso Minerals fué el pionero de la tecnología HP, desarrollándola desde 1989, multiplicando los ensayos sobre el terreno. Metso Minerals a obtenido diversas patentes para sus innovaciones.

#### Mayor calidad

El principio de trituración limpia de los molinos HP permite aumentar la calidad de los productos ofreciendo una curva de salida más regular y una mayor cubicidad. El hecho de poseer un reglaje mecánico fijo -en lugar de un eje flotante- permite mantener una estabilidad de reglaje y una precisión a todo lo largo del circuito. La ventaja de una taza en rotación se confirma en la práctica permitiendo conservar un reglaje idéntico sobre toda la circunferencia de la cámara de trituración. Además, el sistema de protección contra intritrables asegura el regreso instantáneo al reglaje inicial del molino tras el paso de un intriturable. La importante fuerza de trituración del HP permite obtener un coeficiente de reducción elevado y un producto más fino con menos etapas de trituración, y por tanto reducir los costes de inversión y explotación.

#### Sin limitaciones

La utilización del HP de baja velocidad permite también adaptar la curva de salida del molino produciendo menos finos, y un mayor porcentaje de productos comercializables.



Molino de cono HP800.

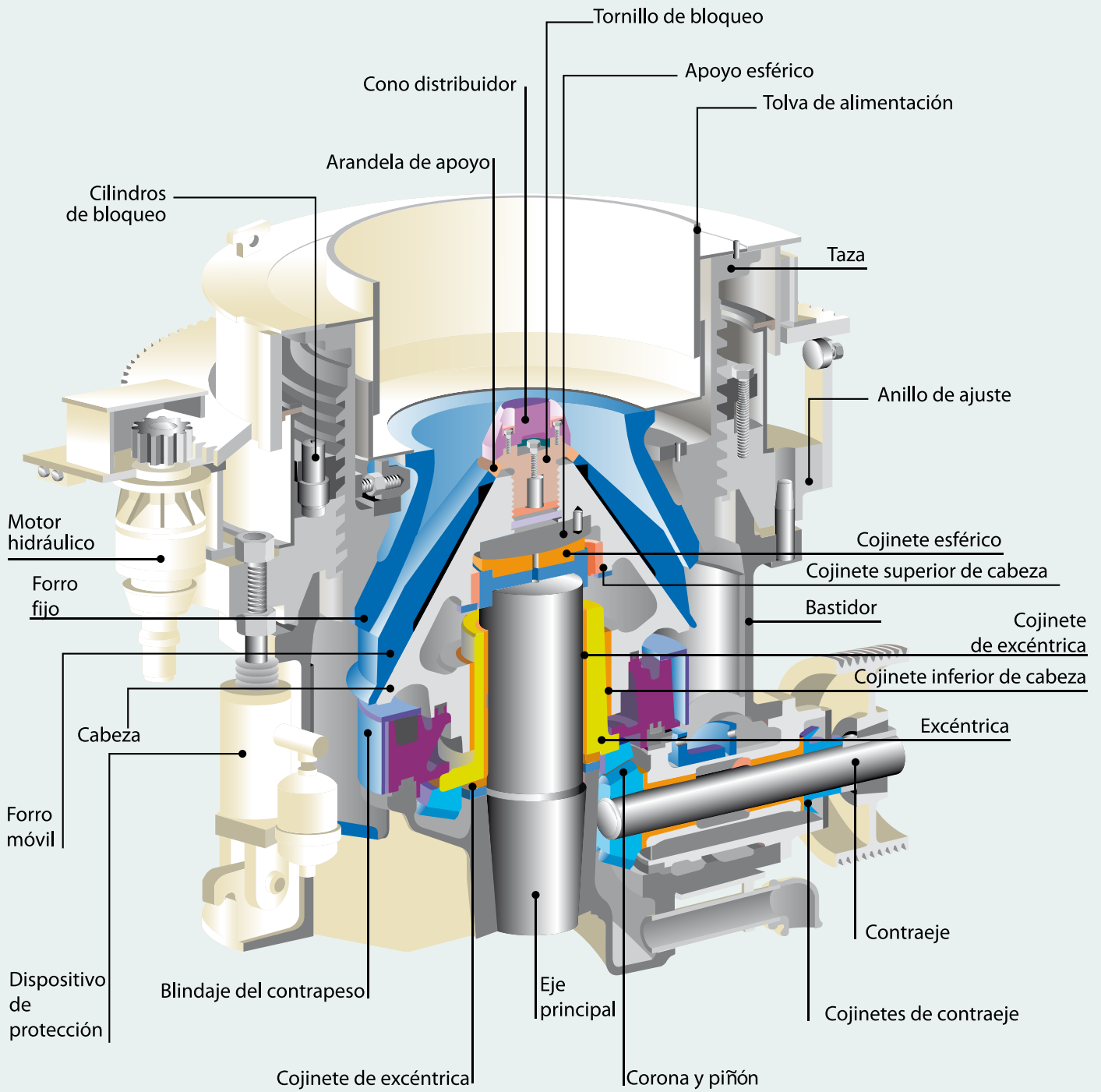


Aplicación móvil : Molino de cono HP300 en versión grupo móvil.



Instalación fija : un molino de cono Nordberg HP500, un HP300, dos HP200.

# Principales Componentes



## Ventajas económicas

### Menos paradas

El sistema de protección contra intriturbables, hidráulico y de doble efecto, permite al HP evacuar elementos intriturbables que bloquearían a la mayor parte de los molinos de la competencia. El amplio recorrido de desatascado, independiente del reglaje de las mandíbulas, permite vaciar completamente la cámara de trituración sin intervención manual. Un motor hidráulico permite el ajuste preciso de la taza, y a la vez ofrece la posibilidad de desenroscarla totalmente, lo que simplifica de forma considerable la operación de cambio de mandíbulas. Un sencillo sistema de sujeción de las mandíbulas permite su desmontaje rápido.

### Mantenimiento más fácil

El uso generalizado de cojinetes de bronce proporciona una gran resistencia a los esfuerzos de trituración, en un contexto donde los elevados choques y el polvo son omnipresentes. Estos cojinetes son poco costosos y fáciles de reemplazar en obra con las herramientas convencionales. Los molinos de cono HP son fáciles de desmontar puesto que todas las piezas son accesibles por la parte superior de la máquina o lateralmente. La cabeza y la taza pueden sacarse del bastidor sin desmontar el grupo mecánico.

### Bajo coste de mantenimiento

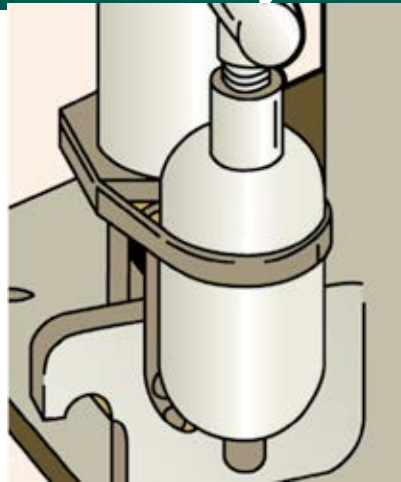
Juntas de laberinto de alto rendimiento, sin contacto, permiten una enorme fiabilidad en lo concerniente a estanqueidad antipolvo. De concepción sencilla, protegen el mecanismo. Una excelente protección contra el desgaste de todas las piezas del molino permite minimizar los costes de mantenimiento: cono distribuidor de protección de la tuerca de bloqueo, blindaje de bronce de los soportes del bastidor, blindaje de la caja del contraeje, blindaje de contrapeso, blindajes de bastidor y conducto de alimentación con caja de piedra.

### Flexibilidad de aplicación

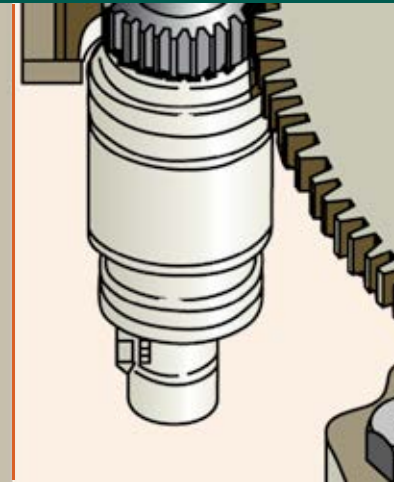
Las cámaras de trituración de los molinos HP pueden adaptarse (de las más finas a las más gruesas) mediante el simple cambio de la mandíbula fija y eventualmente de la mandíbula móvil, del anillo de adaptación y de los tornillos de bloqueo.

### Fácil utilización

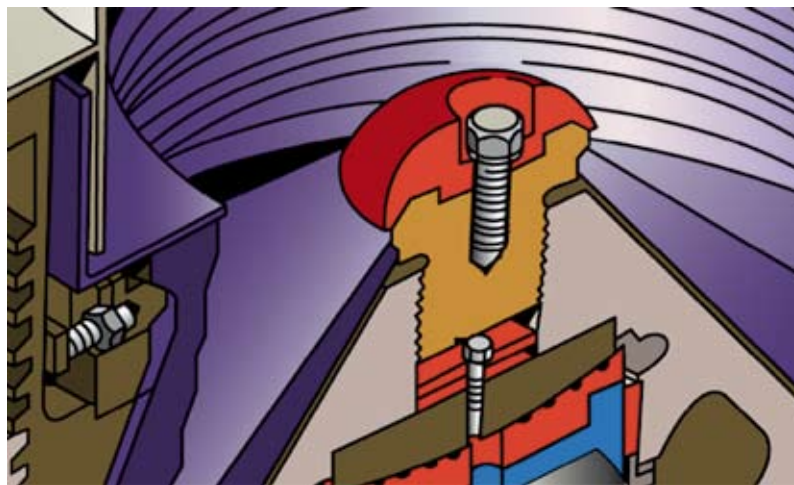
El uso del reglaje en carga mediante motor hidráulico, permite equilibrar mejor el circuito de trituración y optimizar la productividad. Este sistema permite automatizar por completo el circuito de trituración.



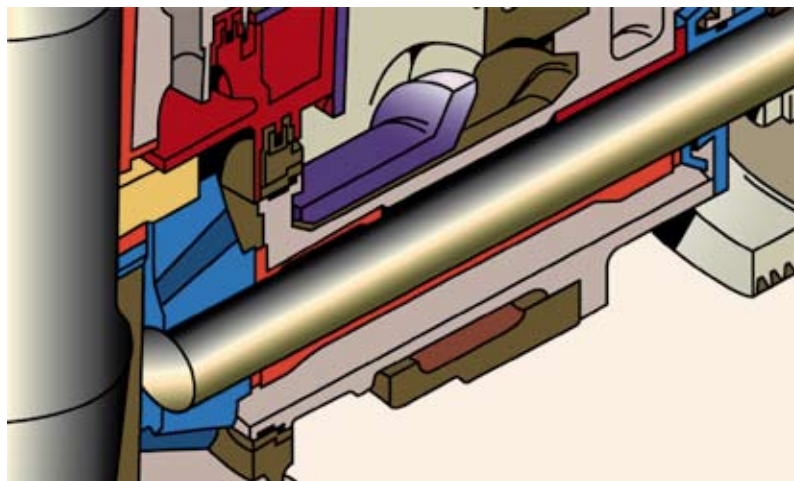
Sistema de protección



Reglaje hidráulico continuo

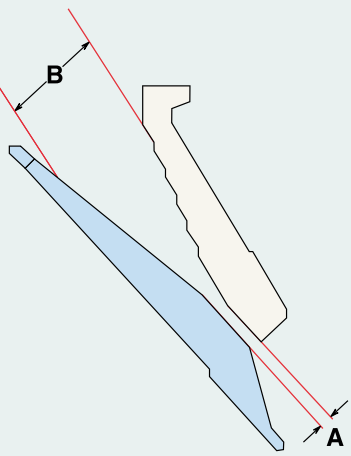


Sujeción de las mandíbulas



Estanqueidad

## Cámaras de trituración

			STANDARD		CABEZA CORTA	
Tamaño de molino	Cámara		Reglaje Mínimo "A" <sup>1</sup>	Apertura de alimentación "B" <sup>2</sup>	Reglaje Mínimo "A" <sup>1</sup>	Apertura de alimentación "B" <sup>2</sup>
 <p>1 El reglaje "A" mínimo puede variar según las características de los materiales y de la velocidad de giro del molino</p> <p>2 Apertura de alimentación "B" correspondiente al reglaje mínimo "A"</p>	<b>HP100</b>	Extra Fina			6 mm (0.24")	20 mm (0.79")
		Fina			9 mm (0.35")	50 mm (1.97")
		Media			9 mm (0.35")	70 mm (2.76")
		Gruesa			13 mm (0.51")	100 mm (3.94")
		Extragruesa			21 mm (0.83")	150 mm (5.91")
	<b>HP200</b>	Extra Fina	14 mm (0.55")	95 mm (3.74")	6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
		Fina	17 mm (0.67")	125 mm (4.92")	6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
		Media	19 mm (0.75")	185 mm (7.28")	6 mm (0.24")	54 mm (2.13")
		Gruesa			10 mm (0.39")	76 mm (2.99")
		Extragruesa				
	<b>HP300</b>	Extra Fina	13 mm (0.51")	107 mm (4.21")	6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
		Fina	16 mm (0.63")	150 mm (5.91")	6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
		Media	20 mm (0.79")	211 mm (8.31")	8 mm (0.31")	53 mm (2.09")
		Gruesa	25 mm (0.98")	233 mm (9.17")	10 mm (0.39")	77 mm (3.03")
		Extragruesa				
	<b>HP400</b>	Extra Fina	14 mm (0.55")	111 mm (4.37")	6 mm (0.24")	30 mm (1.18")
		Fina	20 mm (0.79")	198 mm (7.80")	6 mm (0.24")	40 mm (1.57")
		Media	25 mm (0.98")	252 mm (9.92")	8 mm (0.31")	52 mm (2.05")
		Gruesa	30 mm (1.18")	299 mm (11.77")	10 mm (0.39")	92 mm (3.62")
		Extragruesa				
<b>HP500</b>	Extra Fina	16 mm (0.63")	133 mm (5.24")	6 mm (0.24")	35 mm (1.38")	
	Fina	20 mm (0.79")	204 mm (8.03")	8 mm (0.31")	40 mm (1.57")	
	Media	25 mm (0.98")	286 mm (11.26")	10 mm (0.39")	57 mm (2.24")	
	Gruesa	30 mm (1.18")	335 mm (13.19")	13 mm (0.51")	95 mm (3.74")	
	Extragruesa					
<b>HP800</b>	Extra Fina	16 mm (0.63")	219 mm (8.62")	5 mm (0.20")	33 mm (1.30")	
	Fina	25 mm (0.98")	267 mm (10.51")	10 mm (0.39")	92 mm (3.62")	
	Media	32 mm (1.26")	297 mm (11.69")	10 mm (0.39")	92 mm (3.62")	
	Gruesa	32 mm (1.26")	353 mm (13.90")	13 mm (0.51")	155 mm (6.10")	
	Extragruesa					

## Curvas de Producción (Porcentaje pasante por la malla, según el reglaje)

	6	8	10	13	16	19	22	25	28	32	38	45	51
<b>100</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>75</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98
<b>63</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	95	90
<b>51</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	92	82	68
<b>38</b>	100	100	100	100	100	100	100	98	95	90	76	62	50
<b>32</b>	100	100	100	100	100	100	95	90	79	69	52	42	36
<b>25</b>	100	100	100	100	98	94	85	74	60	49	40	33	28
<b>22</b>	100	100	100	100	95	88	76	63	51	42	34	28	25
<b>19</b>	100	100	100	98	92	82	68	57	46	37	30	26	22
<b>16</b>	100	100	99	92	80	69	55	46	36	29	24	20	18
<b>13</b>	100	99	92	78	66	55	43	36	28	22	18	16	14
<b>10</b>	100	93	81	66	55	45	34	30	23	18	15	13	11
<b>8</b>	94	82	69	55	45	37	28	24	19	15	13	11	10
<b>6</b>	82	67	55	43	36	29	22	19	16	12	9	8	7
<b>4</b>	65	49	40	32	26	21	16	14	11	9	7	6	5
<b>2</b>	40	28	23	17	13	11	8	7	6	4	3.5	3	2.5

## Producciones<sup>1</sup>

REGLAJEL ADO CERRADO												
Tamaño	6 mm	8 mm	10 mm	13 mm	16 mm	19 mm	22 mm	25 mm	32 mm	38 mm	45 mm	51 mm
HP100	45-55	50-60	55-70	60-80	70-90	75-95	80-100	85-110	100-140			
HP200			90-120	120-150	140-180	150-190	160-200	170-220	190-235	210-250		
HP300			115-140	150-185	180-220	200-240	220-260	230-280	250-320	300-380	350-440	
HP400			140-175	185-230	225-280	255-320	275-345	295-370	325-430	360-490	410-560	465-630
HP500			175-220	230-290	280-350	320-400	345-430	365-455	405-535	445-605	510-700	580-790
HP800			260-335	325-425	385-500	435-545	470-600	495-730	545-800	600-950	690-1050	785-1200

<sup>1</sup> Producciones instantáneas

## Producciones

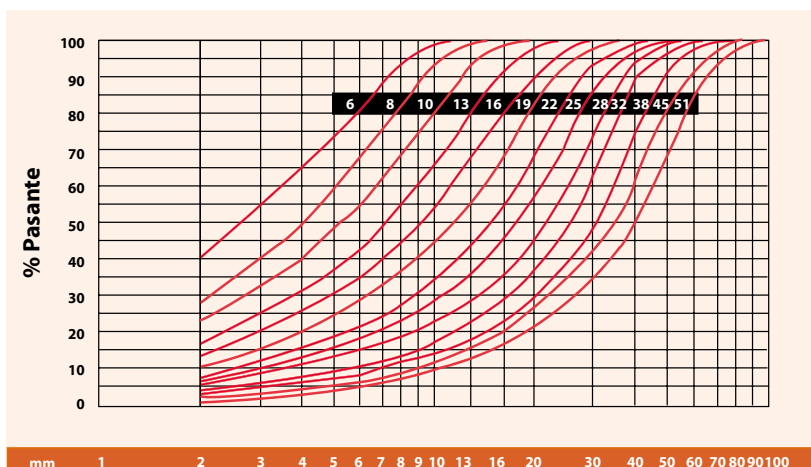
Los valores indicados se aplican a materiales de una densidad de 1,6. Como el molino es una parte del circuito, su rendimiento depende en parte de la selección y funcionamiento correctos de alimentadores, cintas transportadoras, cribas, estructura soporte, motores eléctricos, componentes de unión y tolvas intermedias. Una especial atención debe observarse con los siguientes factores que pueden disminuir los rendimientos del molino:

1. Alimentación conteniendo materiales plásticos
2. Presencia de finos en la alimentación del molino
3. Humedad de los materiales
4. Segregación en la alimentación

5. Mala distribución de la alimentación en torno a la cámara de trituración
6. Ausencia de control de caudal
7. Insuficiente producción de las cintas transportadoras
8. Para un circuito cerrado, insuficiente superficie de scalpers o cribas
9. Insuficiente dimensionamiento del conducto de evacuación
10. Material extremadamente duro y resistente
11. Funcionamiento del molino a distinta velocidad de la recomendada.

**Consulte a Metso Minerals con el fin de determinar con precisión los valores correspondientes a su utilización**

## Curvas granulométricas\*



% de pasantes por malla cuadrada en función del reglaje

\*Las curvas granulométricas y las producciones mostradas, son función de la curva de alimentación, de la cámara de trituración, de la densidad del material, de su limpieza, de su humedad y de su aptitud para la fragmentación.

## Peso - Molino completo y equipamiento

Tamaño	HP100	HP200	HP300	HP400	HP500	HP800
Molino completo	5 400 kg	10 400 kg	15 810 kg	23 000 kg	33 150 kg	68 650 kg
Taza, revestimiento fijo anillo de reglaje tolva	1 320 kg	2 680 kg	3 525 kg	4 800 kg	7 200 kg	17 350 kg
Cabeza, mandíbula móvil y plato de alimentación	600 kg	1 200 kg	2 060 kg	3 240 kg	5 120 kg	10 800 kg
Potencia máxima recomendada	90 kW	132 kW	200 kW	315 kW	355 kW	600 kW
Velocidad del contraeje	750-1200	750-1200	700-1200	700-1000	700-950	700-950

## Cotas

	Tamaño	HP100	HP200	HP300	HP400	HP500	HP800	
	A. Distancia bajo molino de la tubería de aceite	293 mm	297 mm	328 mm	240 mm	425 mm	722 mm	
	B. Cota total máxima del anillo de reglaje	1 505 mm	1 952 mm	2 207 mm	2 370 mm	2 730 mm	3 702 mm	
	C. Cota necesaria para extracción del contraeje	1 560 mm	1 840 mm	2 020 mm	2 470 mm	2 650 mm	3 450 mm	
	D. Distancia hasta el extremo del contraeje	950 mm	1 160 mm	1 347 mm	1 645 mm	1 760 mm	2 225 mm	
	E. Altura máxima	1 290 mm	1 630 mm	1 865 mm	2 055 mm	2 290 mm	3 358 mm	
	F. Diámetro interno de la tolva de alimentación	694 mm	914 mm	1 078 mm	1 308 mm	1 535 mm	1 863 mm	
	Cota necesaria para extracción de la taza	1 725 mm	2 140 mm	2 470 mm	2 650 mm	3 300 mm	4 854 mm	
	Cota necesaria para extracción de la cabeza	1 700 mm	2 165 mm	2 455 mm	2 715 mm	3 165 mm	4 634 mm	
	J. Desplazamiento de la tolva debido a la carrera de desatascado	65 mm	70 mm	85 mm	105 mm	125 mm	159 mm	
	K. Localización de los agujeros guía	NA	545 mm	660 mm	830 mm	882 mm	1 130 mm*	1 245 mm**
	Diámetro de evacuación de productos	970 mm	1 240 mm	1 470 mm	1 726 mm	2 040 mm	2 420 mm	

\* 5' 1/2 - \*\* 7'

## Servicio y asistencia

### Una diferencia a escala mundial

Los especialistas de Metso Minerals están a su servicio antes, durante y después de la compra de su máquina, para proponerles las mejores soluciones.

Ya sea porque instalen un conjunto completo, ya sea porque reemplacen o actualicen un equipo específico, pueden contar con una asistencia adaptada a sus necesidades.

En la fase de concepción, estamos a la escucha tanto en lo que se refiere al análisis de las características y propiedades de su material, como para entre otras posibilidades, proponer soluciones financieras...

Una vez haya comprado la máquina, se le pondrá en contacto con el servicio de recambios, que gracias a un sistema totalmente informatizado, le permitirá conocer rápidamente las disponibilidades y plazos de entrega. Técnicos posventa cualificados están a su servicio para analizar sus necesidades y recomendar una solución a largo plazo completa y rentable.

Disponemos también de un servicio de formación para ayudarle a extraer el mejor provecho de su instalación. Desde años atrás, millares de profesionales del machaqueo se han beneficiado de los numerosos cursos que ofrecemos. Cree que tiene necesidades particulares? Contáctenos y organizaremos una formación específica para su empresa.

Los molinos de cono Nordberg: sin equivalente en materia de tecnología, de calidad, de prestaciones, de fiabilidad y de servicio. Para una mayor información, contacte con la oficina Metso Minerals más cercana.



## Equipos de Trituración Metso Minerals

### Nuestros rangos : Trituradoras

Trituradora de mandíbulas C Serie  
Trituradora giratoria primaria  
Trituradora de cono Serie GP  
Trituradora de cono Serie HP  
Trituradora de cono Serie MP  
Trituradora de impacto horizontal Serie NP  
Trituradora de impacto vertical Serie Barmac  
Trituradora de metal Serie Lindemann  
Laboratorio de trituración Nordberg

### Equipos móviles

Plantas de trituración móviles  
Serie LT  
Plantas de trituración portables  
Serie NW

### Plantas Completas

Plantas completas para producción  
de agregados  
Plantas completas para reciclaje

### Metso Minerals Espana, S.A.

C/ Rivas N°4  
28052 Madrid  
Tel: +34 91 825 5700  
Fax: +34 91 825 5740

### Metso Minerals (Portugal) Lda.

Rua Sebastião e Silva, Nos 71-73  
Zona Industrial de Massamá  
2745-838 Massamá  
Tel: +351 1 438 8550  
Fax: +351 1 438 8559

### Metso Minerals

#### Crushing and screening

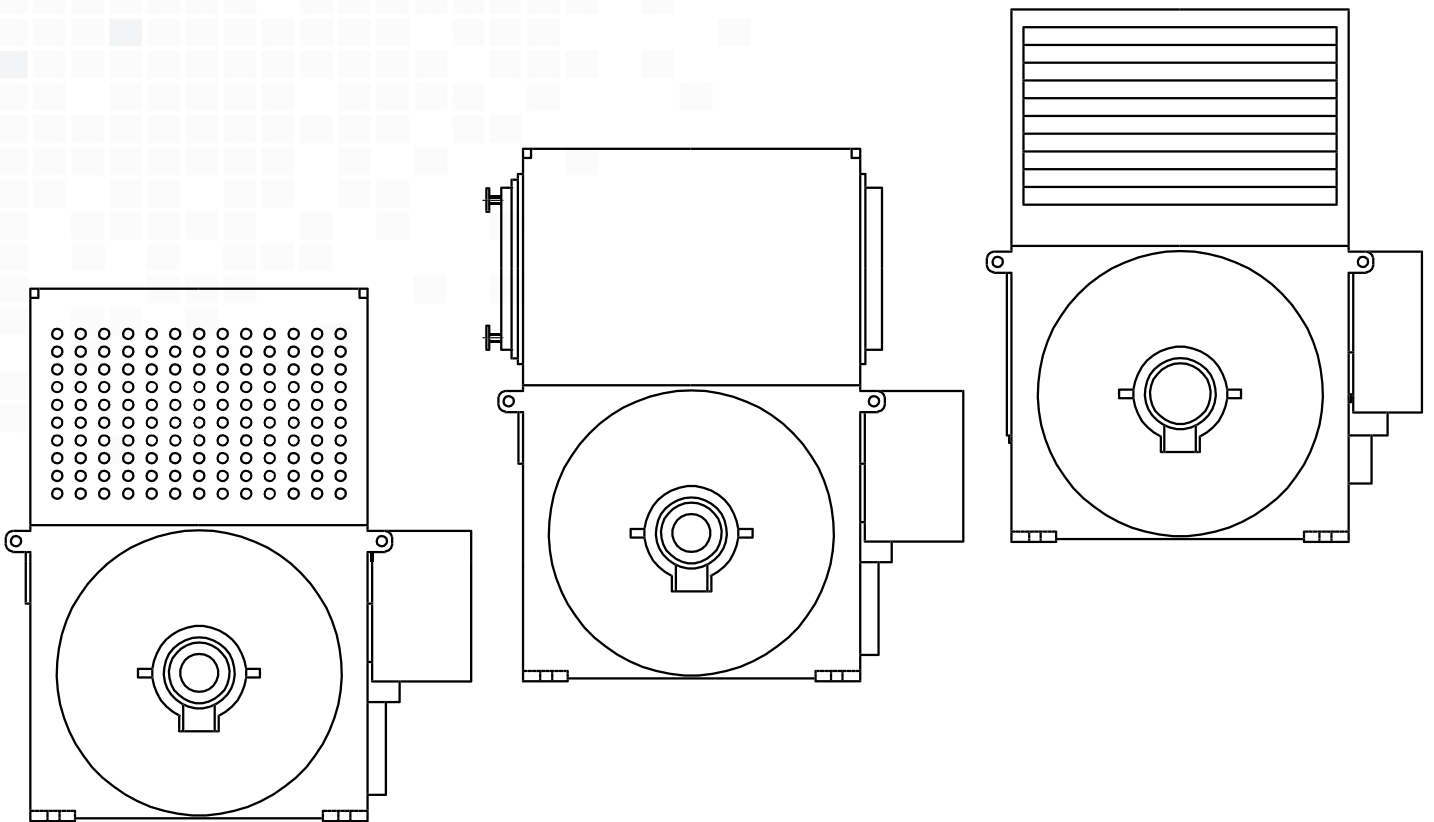
P.O. Box 306  
33101 Tampere  
Finland  
Tel: +358 20 484 142  
Fax: +358 20 484 143

[www.metsominerals.com](http://www.metsominerals.com)

E-mail: [minerals.info.csr@metso.com](mailto:minerals.info.csr@metso.com)







**MODULARE SCHLEIFRINGLÄUFERMOTOREN**  
***MODULAR SLIP-RING MOTORS***

BAUREIHEN / SERIES: MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorwort
2. Features
3. Normen
4. Konstruktion
5. Bauformen
6. Schutzart
7. Kühlung
8. Isolierung
9. Lagerung
10. Schwingstärke
11. Läuferdaten
12. Anstrich
13. Nennspannungen
14. Umgebungstemperatur
15. Typenleistungen
16. Überlastfähigkeit
17. Klemmenkästen
18. Motorschutz
19. Zubehör
20. Prüfungen
21. Datenblätter
22. Maßzeichnungen

## 1. VORWORT

### **Modulare Schleifringläufermotoren der Baureihen MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD – flexibel und robust**

Schleifringläufermotoren sind immer dort gefragt, wo hohe Anlauf- und Losbrechmomente realisiert werden müssen, extreme Laststöße auftreten oder im Verhältnis zur Leistung kleine Anlaufströme erforderlich sind. Der modulare Aufbau ermöglicht eine Vielzahl von Kühl- und Schutzarten sowie diverse Befestigungsmöglichkeiten. Die Grundkonstruktion des Motors ist dabei im Standard immer identisch. Dies bedeutet reduzierte Fertigungskosten bei gleichzeitig ausgereiftem, bewährtem Design.

Maschinen der Baureihen **MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD** kommen in den unterschiedlichsten Branchen wie Zement, Papier, Wasser oder Stahl zum Einsatz. Sie werden dort als Antriebe für Mühlen, Verdichter, Gebläse, Refiner, Schredder usw. verwendet.

Die innovative Technik der modularen Schleifringläufermotoren Baureihen **MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD** setzt technische Maßstäbe in Bezug auf Baugröße, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit!

(Erstellt 03/2009)

## CONTENTS

1. Preface
2. Features
3. Standards
4. Construction
5. Configurations
6. Degree of Protection
7. Cooling
8. Insulation
9. Bearings
10. Vibration Severity
11. Rotor Data
12. Paint Finish
13. Voltage Ratings
14. Ambient Temperature
15. Unit Rating
16. Overload Capability
17. Terminal Boxes
18. Motor Protection
19. Accessories
20. Tests
21. Datasheets
22. Dimension Drawings

## 1. PREFACE

### **Modular Slip Ring Motors of the MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD Series – Flexible and Robust**

*Slip ring motors are the motors of choice whenever high start-up and breakaway moments need to be realised, or wherever extreme load surges occur, or relatively low start-up currents in relation to the output are required. The modular layout permits a wide variety of cooling types and degrees of protection, as well as diverse mounting options. At the same time, the basic construction of the motor follows the ever same standard. This mature, field-proven model translates into production cost savings without cutting corners in terms of design.*

*Motors of the **MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD** series are deployed in the most diverse sectors, including the cement, paper, water, or steel industries. They are used to drive mills, compressors, blowers, refiners, shredders, among other things.*

*The innovative technology of the modular slip ring motors of the **MEBSSL / MEBSSW / MEBSSD** series sets technical standards in terms of frame size, output, profitability, and reliability.*

(Created 03/2009)

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.** / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | [www.menzel-elektromotoren.com](http://www.menzel-elektromotoren.com) | [info@menzel-elektromotoren.com](mailto:info@menzel-elektromotoren.com)



## 2. FEATURES

- Hoher Wirkungsgrad und geringste Betriebskosten
- Kompaktes Design, kleine Abmessungen und geringes Gewicht
- Zuverlässige und langlebige Lagerausführungen
- Gute Schwingwerte und geringe Wartungskosten
- Wicklungen in Wärmeklasse F (VPI)
- Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer
- Hohe Belastbarkeit
- Niedrige Geräuschemissionen
- Kundenspezifische Sonderausführungen

## 3. NORMEN

Die Motoren entsprechen den aktuellen europäischen Normen EN60034 und IEC34. Sonderausführungen (NEMA, CSA usw.) sind möglich.

## 4. KONSTRUKTION

Die Motoren haben ein Schweißstahlgehäuse mit integrierten Fußplatten. Das Gehäusedesign garantiert eine maximale Verwindungssteifigkeit und eine optimale Kühlung. Gehäuse und Statorblechpaket werden mit geringsten Toleranzen bearbeitet, wodurch ein besonders niedriger thermischer Widerstand erreicht wird.

## 5. BAUFORMEN

Die Motoren sind in den Bauformen IM B3 und IM V1 lieferbar. Sonderausführungen wie z. B. IM B35 sind auf Anfrage möglich.

## 6. SCHUTZART

Die Motoren sind in Schutzart IP 23 (MEBSSD) bzw. IP 55 (MEBSSL, MEBSSW) ausgeführt. Abweichende Schutzarten sind auf Anfrage lieferbar.

## 7. KÜHLUNG

Die Motoren werden in folgenden Kühlarten ausgeführt:

### IC 611 (MEBSSL):

Die im Motor (Ständer- und Läuferwicklung) entstehende Verlustwärme wird durch einen Innenlüfter im Innenkreislauf in den Luft-Luft-Wärmetauscher geführt.

Der Luft-Luft-Wärmetauscher wird durch den auf der Welle sitzenden Außenlüfter von der Umgebungsluft durchströmt. Die Innenluft gibt die Verlustwärme an die von der Außenluft durchströmten Kühlrohre ab.

### IC 81 W (MEBSSW):

Die im Motor (Ständer- und Läuferwicklung) entstehende Verlustwärme wird durch einen Innenlüfter im Innenkreislauf in den Luft-Wasser-Wärmetauscher geführt.

Der Luft-Wasser-Wärmetauscher kühlt die ihn durchströmende Innenkreisluf wieder auf die erforderliche Temperatur ab.

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | [www.menzel-elektromotoren.com](http://www.menzel-elektromotoren.com) | [info@menzel-elektromotoren.com](mailto:info@menzel-elektromotoren.com)

## 2. FEATURES

- High power efficiency and lowest running costs
- Compact design, small dimensions, and low weight
- Reliable and durable bearing construction
- Great vibration signatures and low maintenance costs
- Windings in temperature class F (VPI)
- Reliability and long life expectancy
- High load capacity
- Low noise emissions
- Custom models according to specs

## 3. STANDARDS

The motors comply with the latest European EN60034 and IEC34 standards. Special versions (NEMA, CSA, etc.) are available upon request.

## 4. CONSTRUCTION

The motors feature a weld-iron housing with integrated foot plate. The housing design ensures a maximum in torsional vibration resistance and optimal cooling characteristics. Housing and stator core assembly are processed with the lowest tolerances, thus achieving a particularly low-level thermal resistance.

## 5. CONFIGURATIONS

The motors are available in the configurations IM B3 and IM V1. Custom versions are available upon request.

## 6. DEGREE OF PROTECTION

The motors are laid out for the IP 23 (MEBSSD) and IP 55 (MEBSSL, MEBSSW) degree of protection, respectively. Other degrees of protection are available upon request.

## 7. COOLING

The motors are laid out for the following cooling types:

### IC 611 (MEBSSL):

The heat loss generated inside the motor (stator and rotor windings) is transported to the air-air heat exchanger by an internal fan.

The air-air heat exchanger is cooled by a flow of ambient air coming from an external fan riding the shaft. The interior air passes the heat loss to the cooling pipes through which the external air is flowing.

### IC 81 W (MEBSSW):

The heat loss generated inside the motor (stator and rotor windings) is transported to the air-water heat exchanger by an internal fan.

The air-water heat exchanger cools the internal circuit air that flows through it down to the required temperature.

### IC 01 (MEBSSD):

Die im Motor (Ständer- und Läuferwicklung) entstehende Verlustwärme wird durch einen Lüfter, der die Umgebungsluft durch den Motor zieht, an die Umgebung abgegeben.

Varianten, beispielsweise bei Drehzahlregelung oder zur Zwangsbelüftung bei besonders langsam laufenden Motoren, sind als Sonderausführung lieferbar.

## 8. ISOLIERUNG

Die grundsätzlich tropfenfeste Motorwicklung ist in Wärmeklasse „F“ ausgeführt und wird im VPI-Verfahren (Vacuum Pressure Impregnation) hergestellt. Die thermische Ausnutzung der Motoren erfolgt innerhalb der Wärmeklasse „B“, wodurch sich eine Leistungsreserve ergibt und eine geringe Alterung sichergestellt wird. Die Wicklung ist höchsten mechanischen Belastungen gewachsen, so dass ein Wiedereinschalten nach Netzausfall gegen 100% Restfeld jederzeit möglich ist.

## 9. LAGERUNG

Die Motoren sind im Standard mit fettgeschmierten Wälzlagern inkl. Nachschmiereinrichtung ausgeführt.

Je nach Anwendung sind auf Wunsch Sonderlager wie z. B. Pendelrollenlager bei Schredderantrieben lieferbar, um antriebsseitig auftretende Kräfte im Motorlager aufnehmen zu können.

Ausführungen mit selbst- oder fremdgeschmierten Gleitlagern sind auf Anfrage lieferbar.

Es kommen ausschließlich hochwertige Lager und Schmierstoffe zum Einsatz!

## 10. SCHWINGSTÄRKE

Die Motoren erfüllen bereits in der Grundausführung die Anforderungen der Schwingstärkestufe N (normal). Die Schwingungsmessung erfolgt im Leerlauf bei Nennspannung und Nennfrequenz. Die Wuchtart der Motoren ist grundsätzlich „Halbkeil“.

## 11. LÄUFERDATEN

In den technischen Übersichten sind Läuferdaten angegeben, die jedoch z. B. für den Ersatz bestehender Motoren durch Änderung der Wicklungsauslegung angepasst werden können.

## 12. ANSTRICH

Der Standardfarbanstrich entspricht der Klimagruppe „moderat“. Eine Vielzahl von Sonderanstrichen ist auf Anfrage lieferbar.

Der Standardfarbton ist RAL 1016 „Schwefelgelb“. Sonderfarben sind selbstverständlich lieferbar.

### IC 01 (MEBSSD):

*The heat loss generated inside the motor (stator and rotor windings) is transmitted to the environment through a fan that draws ambient air through the motor.*

*Variants, for instance in the case of speed control or of forced ventilation of particularly slow-running motors, are available as custom versions.*

## 8. INSULATION

*The motor winding, which is principally tropicalised, conforms with temperature class F, and is manufactured using the VPI (Vacuum Pressure Impregnation) method. The thermal stress of the motors is subject to the temperature class B, resulting in a power margin, and ensuring slow ageing. The winding is capable of withstanding the highest mechanical stress, so that a restart against a residual field of 100% following a power failure is possible any time.*

## 9. BEARINGS

*The motors are laid out with grease-lubricated rolling-contact bearings, and include a re-lubricating device.*

*Depending on the application, special bearings, such as spherical roller bearings for shredder drives, are available upon request in order to enable the motor bearing to absorb the drive-end momentum.*

*Models with self-lubricating or separately lubricated sleeve bearings are available upon request.*

*We use exclusively high-end bearings and lubricants.*

## 10. VIBRATION SEVERITY

*Even as basic model, the motors meet the requirements of vibration severity grade N (normal). The vibration is metered when the motor is idling at nominal voltage and frequency. The balance quality grade of the motors is principally "half-key."*

## 11. ROTOR DATA

*While the technical overviews identify rotor data, these can be customised by changing the winding arrangement so as to qualify as replacements for existing motors.*

## 12. PAINT FINISH

*The standard paint finish conforms to the climatic category "moderate." A large number of special paint finishes is available upon request.*

*The standard colour is RAL 1016 "sulphur yellow." Naturally, special colours are available upon request.*

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.** / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.:+49-30-349922-0 | Fax:+49-30-349922-999 | [www.menzel-elektromotoren.com](http://www.menzel-elektromotoren.com) | [info@menzel-elektromotoren.com](mailto:info@menzel-elektromotoren.com)

### 13. NENNSPANNUNGEN

Die Motoren sind für folgende Nennspannungen lieferbar:

50 Hz: 3000 / 3300 / 5000 / 5500 / 6000 / 6300 / 6600 / 10000 / 10500 / 11000 V  
 60 Hz: 4160 / 6600 / 7200 / 13800 V

Die zulässige Spannungstoleranz beträgt +/- 5%.

Sonderspannungen und abweichende Spannungstoleranzen sind auf Anfrage lieferbar.

### 14. UMGEBUNGSTEMPERATUR

Die Motoren sind für einen Betrieb bei Umgebungstemperaturen von - 20 °C bis + 40 °C ausgelegt. Bei höheren Umgebungstemperaturen bis + 60 °C ist eine Leistungsreduzierung erforderlich. Für niedrigere Umgebungstemperaturen bis -40°C sind auf Anfrage Sonderwellenstähle und verstärkte Stillstandsheizungen lieferbar.

### 15. TYPENLEISTUNGEN

Die Typenleistung gilt für Betriebsart S1 (Dauerbetrieb) bei Nennspannung und Nennfrequenz, einer Umgebungstemperatur von 40° C und einer Aufstellungshöhe von 1000 m über NN.

Für abweichende Umgebungstemperaturen und Aufstellungshöhen ist eine Reduzierung der Typenleistung wie folgt zu berücksichtigen.

Umgebungstemperatur [°C]	Leistung [%]
40°	100
45°	95
50°	90
55°	85
60°	80

Aufstellungshöhe [m]	Leistung [%]
1000	100
1500	96
2000	92
2500	88
3000	84
3500	80
4000	76

### 16. ÜBERLASTFÄHIGKEIT

Die Motoren können bei Nennspannung bis zu zwei Minuten mit dem 1,5-fachen Nennstrom überlastet werden.

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.** / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.:+49-30-349922-0 | Fax:+49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

### 13. VOLTAGE RATINGS

The motors are available for the following nominal voltage ratings:

50 Hz: 3000 / 3300 / 5000 / 5500 / 6000 / 6300 / 6600 / 10000 / 10500 / 11000 V  
 60 Hz: 4160 / 6600 / 7200 / 13800 V

The permissible voltage tolerance equals ± 5%.

Special voltages and deviating voltage tolerances are available upon request.

### 14. AMBIENT TEMPERATURE

The motors are designed for operation with an ambient temperature between -20°C and +40°C. In case of higher ambient temperatures up to +60°C the power output will have to be reduced. For ambient temperatures as low as -40°C special steel shafts and heavy-duty space heaters are available upon request.

### 15. UNIT RATING

The unit rating refers to the S1 operating type (continuous operation) at nominal voltage and frequency, an ambient temperature of 40°C, and a site altitude of 1000 m above sea level.

In case of deviations in ambient temperature and site altitude, a lower unit rating needs to be taken into account, as listed below:

Ambient temperature [°C]	Output [%]
40°	100
45°	95
50°	90
55°	85
60°	80

Site altitude [m]	Output [%]
1000	100
1500	96
2000	92
2500	88
3000	84
3500	80
4000	76

### 16. OVERLOAD CAPABILITY

When operating at nominal voltage, the motors tolerate up to two minutes of overload at 1.5 times the nominal current.

## 17. KLEMMENKÄSTEN

Die Motoren werden, je nach Kundenvorgabe, mit Klemmenkastenlage „rechts“ oder „links“ geliefert.

Sonder-Klemmenkästen (z. B. mit Phasen-Trennung, mit Sonderabmessungen usw.) oder Einzelphasenstecksysteme sind auf Anfrage lieferbar.

Die Klemmenkästen können generell um 4 x 90° gedreht werden.

## 18. MOTORSCHUTZ

Die Motoren werden grundsätzlich mit Temperaturüberwachung für Wicklung und Lager sowie mechanischen SPM Messnippeln zur Aufnahme der Schwingwerte ausgeführt:

- 6 x Pt100 Widerstandsthermometer (RTD) in der Statorwicklung
- 2 x Pt100 Widerstandsthermometer (RTD) in den Lagerkammern
- 2 x SPM Messnippel

Die Anschlüsse der Widerstandsthermometer sind in einen separaten Klemmenkasten ausgeführt.

Zusätzlich ist ein breites Spektrum an weiteren Sensoren und Transmittern auf Anfrage lieferbar.

## 19. ZUBEHÖR

Die Motoren werden grundsätzlich mit einer Stillstandsheizung (230 V / 1 ~) inkl. separatem Klemmenkasten ausgerüstet. Stillstandsheizungen mit abweichenden Nennspannungen sind möglich. Zusätzlich ist ein breites Spektrum an weiterem Zubehör auf Anfrage lieferbar.

## 20. PRÜFUNGEN

Die Motoren werden einer Werksprüfung unterzogen, die folgende Tests umfasst:

- Wicklungswiderstandsmessung
- Isolationswiderstandsprüfung
- Leerlaufprüfung
- Kurzschlussprüfung
- Drehrichtungskontrolle
- Hochspannungsprüfung
- Schwingstärkenmessung
- Funktionskontrolle des Zubehörs
- Wellenspannungsmessung
- Sichtabnahme
- Geräuschmessung

Für jeden Motor wird vor Auslieferung ein entsprechendes Prüfprotokoll erstellt und der Dokumentation beigelegt.

Weitergehende Tests wie Vollastprüfung, Erwärmungsprüfung, Stoßimpulsprüfung, Verlustfaktormessung, Polarisationsindexmessung usw. können auf Anfrage durchgeführt werden.

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.** / Subject to technical modification and error.

## 17. TERMINAL BOXES

Depending on the respective customer specs, the motors are delivered with terminal boxes on the left-hand or right-hand side.

Special terminal boxes (e. g. including phase separation, special dimensions, etc.) or single-phase plug-and-socket systems are available upon request.

The terminal boxes can generally be rotated by 4 x 90°.

## 18. MOTOR PROTECTION

The motors are principally fitted with temperature monitoring for winding and bearings, as well as with mechanical SPM measuring head for capturing the vibration signatures:

- 6 x Pt100 resistance thermometer (RTD) inside the stator winding
- 2 x Pt100 resistance thermometer (RTD) inside the bearing chambers
- 2 x SPM measuring heads

The terminal connection of the resistance thermometer are located inside a separate terminal box.

Also, a wide range of additional sensors and transmitters is available upon request.

## 19. ACCESSORIES

The motors are principally fitted with a space heater (230 V / 1 ~), including a separate terminal box. Options include space heaters with deviating nominal voltage. Also, a wide range of additional accessories is available upon request.

## 20. TESTS

The motors are subjected to a standard factory test that includes the following test stages:

- winding resistance measurement
- insulation resistance test
- no-load test
- short-circuit test
- direction-of-rotation test
- high-voltage test
- vibration severity measurement
- performance test of accessories
- shaft voltage measurement
- visual acceptance
- noise measurement

For every motor, a corresponding test report is compiled ahead of delivery and enclosed with the documentation.

Additional testing, including e. g. a full-load test, a temperature-rise test, a shock pulse test, a dissipation-factor measurement, a polarisation index measurement, etc., can be conducted upon request.

**21. DATENBLÄTTER**
**Baureihe MEBSSL**
**Bauform IM B3 / Schutzart IP 55 / Kühlart IC 611**
**6000 V / 50 Hz / 4 polig**
**Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C**
**21. DATASHEETS**
**MEBSSL Series**
**Mounting IM B3 / Protection IP 55 / Cooling IC 611**
**6000 V / 50 Hz / 4 poles**
**Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C**

Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	kg
400F-04	450	1474	54	0,85	0,81	0,72	93,6	93,7	93,1	2910	260	590	470	15	3250
400F-04	500	1475	60	0,86	0,83	0,76	94,0	94,2	93,6	3240	260	650	470	17	3300
400F-04	560	1476	66	0,87	0,85	0,78	94,1	94,3	93,7	3620	260	710	480	19	3400
400E-04	630	1476	73	0,88	0,85	0,79	94,4	94,6	94,0	4070	270	790	480	21	3600
400E-04	710	1478	82	0,88	0,85	0,78	94,7	94,8	94,1	4590	280	890	480	24	3750
400E-04	800	1481	93	0,87	0,84	0,77	95,0	95,0	94,5	5160	260	860	560	27	3900
450F-04	900	1483	105	0,87	0,84	0,77	95,2	95,3	94,6	5800	280	980	560	33	4750
450F-04	1000	1482	115	0,88	0,86	0,8	95,3	95,4	94,8	6440	260	1050	580	37	4900
450E-04	1120	1482	127	0,89	0,88	0,82	95,3	95,4	94,8	7220	260	1160	580	41	5200
450E-04	1250	1484	141	0,89	0,88	0,83	95,7	95,7	95,0	8040	240	900	840	47	5400
500F-04	1400	1484	158	0,89	0,88	0,83	95,8	95,8	95,1	9010	250	1000	850	60	6200
500F-04	1600	1485	178	0,9	0,89	0,84	95,9	95,9	95,3	10290	250	1130	860	70	6500
500E-04	1800	1485	199	0,91	0,9	0,86	95,9	95,9	95,4	11580	240	1230	890	75	7000
500E-04	2000	1486	228	0,88	0,87	0,82	96,0	96,0	95,5	12850	240	1150	1050	85	7300
560F-04	2240	1487	252	0,89	0,87	0,82	96,1	96,1	95,6	14390	250	1300	1040	100	8100
560F-04	2500	1486	278	0,9	0,89	0,86	96,1	96,1	95,7	16060	230	1390	1090	115	8400
560E-04	2800	1488	315	0,89	0,88	0,83	96,2	96,2	95,7	17970	260	1600	1050	130	9000
560E-04	3150	1488	350	0,9	0,89	0,84	96,3	96,3	95,8	20210	240	1800	1060	145	9300
630K-04	3550	1488	394	0,9	0,9	0,86	96,3	96,3	95,9	22780	240	1970	1090	185	11200
630K-04	4000	1488	438	0,91	0,9	0,87	96,5	96,5	96,0	25670	240	2160	1110	210	11800
630H-04	4500	1489	493	0,91	0,9	0,87	96,5	96,5	96,1	28870	240	2410	1130	235	12700
630H-04	5000	1488	549	0,91	0,9	0,87	96,3	96,4	96,0	32100	250	2020	1500	260	13400
710K-04	5600	1487	608	0,92	0,91	0,89	96,3	96,5	96,1	35960	240	2150	1570	350	15700
710K-04	6300	1488	684	0,92	0,91	0,88	96,4	96,5	96,1	40420	260	2490	1530	390	16500
710H-04	7100	1488	770	0,92	0,92	0,89	96,5	96,8	96,3	45560	250	2700	1590	435	17700

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**
**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

**Baureihe MEBSSL**

**Bauform IM B3 / Schutzart IP 55 / Kühlart IC 611**

**6000 V / 50 Hz / 6 polig**

**Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C**

**MEBSSL Series**

**Mounting IM B3 / Protection IP 55 / Cooling IC 611**

**6000 V / 50 Hz / 6 poles**

**Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C**



Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	kg
400F06	355	986	45	0,81	0,77	0,67	94,0	94,0	93,3	3440	230	370	580	17	3250
400F06	400	985	49	0,83	0,79	0,7	94,2	94,3	93,5	3880	230	410	600	19	3400
400E06	450	986	56	0,82	0,78	0,68	94,3	94,4	93,6	4360	230	450	610	21	3600
400E06	500	986	62	0,82	0,78	0,68	94,4	95,5	93,7	4840	230	500	610	23	3750
400E06	560	987	69	0,83	0,78	0,68	94,7	94,7	93,8	5420	240	560	610	25	3900
400E06	630	988	77	0,82	0,79	0,7	94,9	94,8	94,0	6090	240	530	720	28	4050
450F-06	710	989	87	0,83	0,79	0,69	95,1	95,0	94,2	6860	250	600	720	42	4700
450F-06	800	988	95	0,85	0,82	0,74	95,2	95,2	94,5	77630	230	640	750	47	4900
450E-06	900	988	107	0,85	0,83	0,75	95,1	95,2	94,6	8700	230	710	770	52	5200
450E-06	1000	990	120	0,84	0,81	0,73	95,6	95,5	94,8	9640	240	690	870	60	5400
500F-06	1120	990	132	0,85	0,83	0,75	95,7	95,7	95,0	10800	220	750	900	75	6200
500F-06	1250	990	146	0,86	0,84	0,78	95,7	95,7	95,1	12060	220	820	920	85	6500
500E-06	1400	990	162	0,87	0,85	0,79	95,8	95,8	95,3	13500	220	900	940	95	7000
500E-06	1600	991	189	0,85	0,82	0,74	95,9	95,9	95,2	15410	240	900	1070	105	7300
560F-06	1800	991	210	0,86	0,83	0,75	96,0	96,1	95,4	17340	230	1000	1080	135	7900
560F-06	2000	992	236	0,85	0,82	0,74	96,1	96,1	95,3	19250	240	1130	1060	155	8300
560E-06	2240	991	258	0,87	0,84	0,78	96,1	96,2	95,5	21580	220	1210	1120	170	9000
560E-06	2500	991	284	0,88	0,86	0,8	96,1	96,2	95,6	24080	240	1500	1000	190	9400
630K-06	2800	991	318	0,88	0,86	0,81	96,3	96,4	95,9	26970	240	1660	1020	255	11500
630K-06	3150	992	357	0,88	0,87	0,81	96,4	96,4	96,0	30340	240	1840	1030	285	12100
630H-06	3550	992	403	0,88	0,86	0,8	96,4	96,5	96,0	34170	240	2070	1030	320	13100
630H-06	4000	992	448	0,89	0,87	0,83	96,5	96,6	96,2	38520	220	1910	1270	355	13800
710K-06	4500	992	504	0,89	0,88	0,83	96,5	96,6	96,2	43330	220	2130	1280	460	15800
710K-06	5000	992	559	0,89	0,88	0,82	96,6	96,7	96,3	48120	240	2390	1260	515	16600
710H-06	5600	992	626	0,89	0,88	0,84	96,6	96,7	96,3	53900	230	2620	1290	575	17800

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.:+49-30-349922-0 | Fax:+49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com



**Baureihe MEBSSL**

**Bauform IM B3 / Schutzart IP 55 / Kühlart IC 611**

**6000 V / 50 Hz / 8 polig**

**Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C**

**MEBSSL Series**

**Mounting IM B3 / Protection IP 55 / Cooling IC 611**

**6000 V / 50 Hz / 8 poles**

**Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 ° C**

Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	kg
400F-08	280	733	35	0,83	0,79	0,7	92,3	92,8	92,3	3650	210	320	560	22	3200
400F-08	315	733	39	0,83	0,79	0,7	92,5	92,9	92,5	4100	210	350	560	25	3350
400E-08	355	733	45	0,82	0,79	0,7	92,5	93,0	92,6	4620	210	380	580	28	3550
400E-08	400	733	50	0,83	0,8	0,72	92,9	93,5	93,0	5210	200	420	600	30	3700
400E-08	450	737	56	0,82	0,78	0,68	93,9	94,0	93,4	5830	220	400	690	33	3850
450G-08	500	738	62	0,82	0,79	0,7	94,2	94,3	93,7	6470	220	440	700	46	4600
450F-08	560	738	70	0,82	0,79	0,7	94,3	94,4	93,8	7250	220	490	700	52	4850
450F-08	630	738	77	0,83	0,79	0,7	94,5	94,6	93,9	8150	220	550	700	60	5050
450E-08	710	740	88	0,82	0,78	0,69	94,7	94,7	94,0	9160	230	690	630	65	5350
500G-08	800	740	98	0,83	0,8	0,71	94,8	94,9	94,2	10330	210	750	650	80	6050
500F-08	900	739	109	0,84	0,81	0,74	94,8	95,0	94,4	11620	210	820	670	90	6400
500F-08	1000	739	121	0,84	0,82	0,75	94,9	95,2	94,6	12910	210	900	680	105	6700
500E-08	1120	741	136	0,83	0,8	0,71	95,3	95,4	94,7	14430	220	860	790	115	7200
560G-08	1250	742	152	0,83	0,8	0,71	95,4	95,5	94,8	16100	220	970	780	145	7800
560F-08	1400	741	168	0,84	0,81	0,74	95,4	95,5	94,9	18030	210	1060	800	165	8300
560E-08	1600	742	192	0,84	0,81	0,72	95,5	95,6	95,0	20600	220	1200	810	185	8900
560E-08	1800	743	218	0,83	0,79	0,7	95,7	95,8	95,1	23150	230	1190	910	205	9300
630L-08	2000	742	239	0,84	0,81	0,74	95,8	95,9	95,3	25730	220	1280	940	275	10900
630K-08	2240	742	268	0,84	0,82	0,74	95,8	95,9	95,3	28810	210	1420	950	310	11700
630K-08	2500	742	295	0,85	0,83	0,75	96,1	96,0	95,5	32160	210	1560	970	345	12300
630H-08	2800	743	333	0,84	0,81	0,73	96,3	96,2	95,6	35970	240	1560	1080	390	13200
710L-08	3150	744	374	0,84	0,81	0,73	96,4	96,3	95,6	40460	240	1730	1090	495	14600
710K-08	3550	744	417	0,85	0,81	0,73	96,4	96,3	95,6	45580	250	1950	1090	550	15800
710K-08	4000	743	464	0,86	0,83	0,76	96,4	96,4	95,9	51390	230	2080	1150	615	16600

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

**Baureihe MEBSSL**

**Bauform IM B3 / Schutzart IP 55 / Kühlart IC 611**

**6000 V / 50 Hz / 10 polig**

**Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C**

**MEBSSL Series**

**Mounting IM B3 / Protection IP 55 / Cooling IC 611**

**6000 V / 50 Hz / 10 poles**

**Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C**



Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	kg
400F-10	224	586	31	0,77	0,71	0,6	91,7	92,0	91,2	3650	210	320	440	24	3350
400F-10	250	587	34	0,76	0,71	0,59	91,9	92,1	91,2	4070	220	360	430	25	3450
400E-10	280	587	38	0,77	0,72	0,61	92,1	92,4	91,6	4560	210	400	440	28	3650
400E-10	315	588	42	0,79	0,74	0,64	92,4	92,6	91,6	5120	220	370	540	32	3750
450G-10	355	588	46	0,8	0,76	0,66	92,9	93,2	92,6	5770	210	400	550	44	4200
450G-10	400	588	51	0,81	0,77	0,68	93,0	93,4	92,8	6500	210	440	570	49	4400
450F-10	450	588	57	0,81	0,77	0,68	93,2	93,6	93,0	7310	210	490	570	55	4750
450F-10	500	588	64	0,81	0,77	0,68	93,5	93,8	93,1	8110	210	550	560	60	4950
450E-10	560	589	71	0,81	0,77	0,68	93,8	94,1	93,6	9090	200	520	680	70	5300
500G-10	630	589	80	0,81	0,77	0,67	94,0	94,3	93,7	10210	210	590	670	85	5850
500F-10	710	590	91	0,8	0,76	0,65	94,2	94,4	93,7	11490	220	680	650	95	6200
500F-10	800	590	101	0,81	0,77	0,68	94,4	94,6	94,0	12950	210	730	670	110	6400
500E-10	900	591	113	0,81	0,77	0,67	94,8	94,9	94,2	14540	210	690	800	120	6800
560G-10	1000	591	124	0,82	0,78	0,69	94,9	95,0	94,4	16150	210	760	810	150	7400
560F-10	1120	591	138	0,82	0,78	0,7	95,0	95,1	94,5	18090	210	850	810	170	8000
560E-10	1250	592	156	0,81	0,78	0,69	95,2	95,2	94,5	20170	210	950	810	195	8700
560E-10	1400	593	177	0,8	0,78	0,66	95,4	95,3	94,6	22560	220	950	900	215	9000
630L-10	1600	592	199	0,81	0,78	0,69	95,4	95,4	94,8	25800	210	1040	950	290	10700
630K-10	1800	593	224	0,81	0,77	0,67	95,5	95,5	94,9	29000	220	1170	940	330	11500
630K-10	2000	592	246	0,82	0,79	0,71	95,6	95,6	95,1	32240	210	1260	970	365	12100
630H-10	2240	594	271	0,83	0,8	0,71	96,0	96,1	95,5	35990	210	1490	910	410	13000
710L-10	2500	594	298	0,84	0,81	0,72	96,0	96,1	95,5	40170	210	1630	930	510	14300
710K-10	2800	594	334	0,84	0,81	0,74	96,1	96,2	95,7	45000	200	1800	950	565	15500
710K-10	3150	594	376	0,84	0,82	0,74	96,0	96,1	95,7	50620	200	2000	960	635	16300

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.:+49-30-349922-0 | Fax:+49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

Type	Pn kW	n rpm	In A	cos φ			η [%]			Mn Nm	Mb %	Ur V	Ir A	J kgm <sup>2</sup>	Mass kg
				4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4						
450G-12	280	488	38	0,78	0,73	0,61	91,6	91,9	91,2	5480	220	420	420	46	4200
450G-12	315	488	42	0,78	0,73	0,62	91,7	92,1	91,4	6160	210	460	430	53	4400
450F-12	355	488	47	0,79	0,75	0,64	91,8	92,3	91,8	6950	200	490	460	60	4750
450F-12	400	491	53	0,78	0,73	0,62	93,0	93,2	92,4	7790	210	490	510	60	4950
500G-12	450	491	59	0,78	0,73	0,62	93,3	93,5	92,6	8750	220	550	510	90	555
500G-12	500	490	65	0,8	0,76	0,66	93,2	93,5	92,8	9730	200	590	540	100	5750
500F-12	560	491	73	0,79	0,74	0,64	93,4	93,6	92,8	10880	210	670	520	110	6200
500F-12	630	491	83	0,78	0,72	0,61	94,0	94,1	93,3	1224	220	620	620	125	6400
560G-12	710	491	93	0,78	0,73	0,62	94,0	94,2	93,5	13800	220	690	640	135	7200
560G-12	800	491	104	0,79	0,75	0,65	94,1	94,4	93,8	15550	210	760	650	150	7500
560F-12	900	492	118	0,78	0,73	0,62	94,3	94,4	93,6	17460	230	870	630	170	8100
560E-12	1000	493	132	0,77	0,72	0,61	94,9	94,8	94,0	19360	220	840	730	195	8700
630L-12	1120	494	147	0,77	0,72	0,61	95,0	94,9	94,1	21670	220	940	730	260	10200
630L-12	1250	493	160	0,79	0,74	0,64	95,0	95,0	94,3	24200	210	1030	750	290	10700
630K-12	1400	494	182	0,78	0,73	0,62	95,1	95,0	94,3	27080	220	1160	740	330	11400
630K-12	1600	495	209	0,77	0,72	0,6	95,5	95,4	94,8	30900	220	1100	900	365	11900
710L-12	1800	494	227	0,8	0,76	0,66	95,5	95,5	95,0	34800	210	1170	950	450	13600
710L-12	2000	495	265	0,76	0,71	0,59	95,7	95,5	94,7	38590	230	1370	880	510	14400
710K-12	2240	495	289	0,78	0,72	0,61	95,8	95,6	94,9	43220	230	1510	900	565	15400

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | [www.menzel-elektromotoren.com](http://www.menzel-elektromotoren.com) | [info@menzel-elektromotoren.com](mailto:info@menzel-elektromotoren.com)

Baureihe MEBSSW / IP 55 / IC 81W

Baureihe MEBSSD / IP 23 / IC 01

Bauform IM B3

6000 V / 50 Hz / 4 polig

Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C

MEBSSW Series / IP 55 / IC 81W

MEBSSD Series / IP 23 / IC 01

Mounting IM B3

6000 V / 50 Hz / 4 poles

Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C



Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass (kg)	
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	IC 01	IC 81 W
400F-04	560	1469	67	0,85	0,81	0,73	94,5	94,6	94,4	3640	260	660	510	15	2900	3250
400F-04	630	1470	75	0,85	0,81	0,73	94,6	94,7	94,5	4090	260	720	520	17	2950	3300
400F-04	710	1471	85	0,85	0,81	0,73	94,7	94,8	94,6	4610	260	800	530	19	3050	3400
400E-04	800	1472	95	0,85	0,81	0,73	94,9	95,0	94,8	5190	260	870	550	21	3200	3550
400E-04	900	1473	107	0,85	0,81	0,73	95,0	95,1	94,9	5830	250	950	570	24	3350	3700
400E-04	1000	1480	117	0,86	0,83	0,76	95,3	95,5	95,2	6450	260	970	620	27	3500	3850
450F-04	1120	1482	131	0,86	0,83	0,76	95,4	95,6	95,3	7220	260	1050	640	33	4200	4600
450F-04	1250	1481	146	0,86	0,83	0,76	95,5	95,7	95,4	8060	260	1160	650	37	4350	4750
450E-04	1400	1481	164	0,86	0,83	0,76	95,7	95,9	95,6	9020	260	1290	660	41	4600	5000
450E-04	1600	1484	180	0,89	0,87	0,81	95,9	96,1	95,8	10290	250	1020	930	47	4800	5200
500F-04	1800	1485	203	0,89	0,87	0,81	96,0	96,2	95,9	11580	250	1110	960	60	5500	6000
500F-04	2000	1485	225	0,89	0,87	0,81	96,1	96,3	96,0	12860	250	1250	970	70	5800	6300
500E-04	2240	1485	252	0,89	0,87	0,81	96,2	96,4	96,1	14400	250	1390	980	75	6200	6700
500E-04	2500	1485	281	0,89	0,87	0,81	96,3	96,5	96,2	16080	250	1280	1170	85	6500	7000
560F-04	2800	1486	314	0,89	0,87	0,81	96,4	96,6	96,3	18000	250	1420	1190	100	7200	11000
560F-04	3150	1485	353	0,89	0,87	0,81	96,5	96,7	96,4	20260	250	1590	1200	115	7500	8100
560E-04	3550	1487	397	0,89	0,87	0,81	96,6	96,8	96,5	22800	250	1740	1230	130	8000	8600
560E-04	4000	1487	442	0,9	0,89	0,84	96,7	96,8	96,5	25680	240	1950	1200	145	8300	8900
630K-04	4500	1487	497	0,9	0,89	0,84	96,8	96,9	96,6	28900	240	2140	1240	185	10100	11000
630K-04	5000	1487	552	0,9	0,89	0,84	96,9	97,0	96,7	32100	240	2350	1260	210	10700	11600
630H-04	5600	1488	618	0,9	0,89	0,84	97,0	97,1	96,8	35950	240	2630	1280	235	11900	12800
630H-04	6300	1487	688	0,91	0,9	0,87	96,8	96,9	96,7	40470	240	2190	1730	260	12600	13500
710K-04	7100	1486	755	0,91	0,9	0,87	96,9	97,0	96,8	45630	240	2380	1780	350	14200	15200
710K-04	8000	1488	872	0,91	0,9	0,87	97,0	97,1	96,9	51360	240	2650	1800	390	15000	16000
710H-04	9000	1487	980	0,91	0,9	0,87	97,1	97,2	97,0	57790	240	2930	1840	435	16000	17300

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

MENZEL Elektromotoren GmbH

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.:+49-30-349922-0 | Fax:+49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

6000 V / 50 Hz / 6 polig

Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C

**MEBSSW Series / IP 55 / IC 81W**

**MEBSSD Series / IP 23 / IC 01**

**Mounting IM B3**

**6000 V / 50 Hz / 6 poles**

**Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 ° C**

Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass (kg)	
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	IC 01	IC 81 W
400F-06	450	985	59	0,77	0,7	0,61	94,5	94,5	93,8	4360	240	430	620	17	2950	3300
400F-06	500	985	65	0,77	0,7	0,61	94,6	94,6	93,9	4850	240	460	640	19	3050	3400
400E-06	560	986	72	0,78	0,71	0,62	94,7	94,7	94,0	5420	240	510	660	21	3150	3500
400E-06	630	986	81	0,78	0,71	0,62	94,9	94,9	94,2	6100	240	560	670	23	3350	3700
400E-06	710	987	91	0,78	0,71	0,62	95,0	95,0	94,9	8690	240	620	680	25	3500	3850
400E-06	800	989	99	0,81	0,76	0,66	95,2	95,3	94,8	7730	240	590	790	28	3700	4050
450F-06	900	989	111	0,81	0,76	0,66	95,3	95,4	94,9	8690	240	650	810	42	4200	4600
450F-06	1000	989	123	0,81	0,76	0,66	95,4	95,5	95,0	9660	240	730	810	47	4350	4750
450E-06	1120	989	138	0,81	0,76	0,66	95,5	95,6	95,1	10820	240	810	830	52	4600	5000
450E-06	1250	991	153	0,81	0,76	0,66	95,8	95,9	95,4	12040	240	800	930	60	4800	5200
500F-06	1400	991	171	0,81	0,76	0,66	95,9	96,0	95,5	13490	240	900	930	75	5500	6000
500F-06	1600	991	196	0,81	0,76	0,66	96,0	96,1	95,6	15410	240	990	960	85	5800	6300
500E-06	1800	991	220	0,81	0,76	0,66	96,1	96,2	95,7	17340	240	1080	990	95	6200	6700
500E-06	2000	991	238	0,83	0,8	0,72	96,2	96,3	96,0	19270	240	980	1190	105	6500	700
560F-06	2240	991	266	0,83	0,8	0,72	96,3	96,4	96,1	21580	240	1100	1200	135	7000	7600
560F-06	2500	991	297	0,83	0,8	0,72	96,4	96,5	96,2	24080	240	1210	1230	155	7400	8000
560E-06	2800	991	332	0,83	0,8	0,72	96,5	96,6	96,3	26970	240	1340	1240	170	8000	8600
560E-06	3150	992	361	0,86	0,84	0,77	96,6	96,7	96,4	30330	240	1700	1110	190	8400	9000
630K-06	3550	992	406	0,86	0,84	0,77	96,7	96,8	96,5	34170	240	1880	1130	255	10400	11300
630K-06	4000	992	457	0,86	0,84	0,77	96,8	96,9	96,6	38510	240	2080	1140	285	11000	11900
630H-06	4500	992	514	0,86	0,84	0,77	96,9	97,0	96,7	43320	240	2340	1150	320	11800	12700
630H-06	5000	992	552	0,89	0,88	0,83	96,9	97,1	96,9	48120	230	2180	1370	355	12500	13400
710K-06	5600	992	617	0,89	0,88	0,83	97,0	97,2	97,0	53900	230	2390	1400	460	14300	15300
710K-06	6300	992	694	0,89	0,88	0,83	97,1	97,3	97,1	60630	230	2630	1440	515	15100	16100
710H-06	7100	992	781	0,89	0,88	0,83	97,1	97,3	97,1	68330	230	2900	1460	575	16100	17400

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

Baureihe MEBSSW / IP 55 / IC 81W

Baureihe MEBSSD / IP 23 / IC 01

Bauform IM B3

6000 V / 50 Hz / 8 polig

Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C

MEBSSW Series / IP 55 / IC 81W

MEBSSD Series / IP 23 / IC 01

Mounting IM B3

6000 V / 50 Hz / 8 poles

Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C

Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass (kg)	
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	IC 01	IC 81 W
400F-08	350	734	48	0,76	0,7	0,59	93,2	93,3	92,8	4620	230	360	590	22	2950	3300
400F-08	400	735	54	0,77	0,71	0,6	93,4	93,5	93	5200	230	400	600	25	3050	3400
400E-08	450	735	60	0,77	0,71	0,6	93,6	93,7	93,2	58500	230	440	610	28	3200	3550
400E-08	500	735	67	0,77	0,71	0,6	93,8	93,9	93,4	6500	230	480	620	30	3300	3650
400E-08	560	737	71	0,8	0,75	0,63	94,4	94,5	94,0	7250	230	460	740	33	3450	3800
450G-08	630	738	80	0,8	0,75	0,63	94,6	94,7	94,2	8160	230	510	750	46	4100	4500
450F-08	710	738	90	0,8	0,75	0,63	94,7	94,8	94,3	9190	230	560	760	52	4300	4700
450F-08	800	738	101	0,8	0,75	0,63	94,9	95,0	94,5	10350	230	620	770	60	4500	6500
450E-08	900	740	114	0,8	0,76	0,66	94,9	95,0	94,6	11610	230	780	690	65	4750	5150
500G-08	100	740	127	0,8	0,76	0,66	95,0	95,1	94,7	12900	230	860	700	80	5400	5900
500F-08	1120	740	142	0,8	0,76	0,66	95,2	95,3	94,9	14450	230	950	710	90	5700	6200
500F-08	1250	740	158	0,8	0,76	0,66	95,3	95,4	95,0	16120	230	1040	720	105	6000	6500
500E-08	1400	741	176	0,8	0,76	0,66	95,5	95,6	95,0	18040	220	980	860	115	6400	6900
560G-08	1600	741	201	0,8	0,76	0,66	95,7	95,8	95,2	20610	220	1100	870	145	7000	7600
560F-08	1800	742	226	0,8	0,76	0,66	95,8	95,9	95,3	23180	220	1220	880	165	7400	8000
560E-08	2000	742	251	0,8	0,76	0,66	95,9	96,0	95,4	25750	220	1320	910	185	7900	8500
560E-08	2240	742	274	0,82	0,8	0,72	96,1	96,2	95,8	28820	220	1280	1050	205	8300	8900
630L-08	2500	742	305	0,82	0,8	0,72	96,2	96,3	95,9	32160	220	1410	1060	275	9900	10800
630K-08	2800	742	341	0,82	0,8	0,72	96,3	96,4	96,0	36020	220	1570	1070	310	10600	11500
630K-08	3150	742	383	0,82	0,8	0,72	96,4	96,5	96,1	40520	220	1750	1080	345	11200	12100
630H-08	3550	743	421	0,84	0,82	0,75	96,6	96,7	96,3	45600	210	1640	1290	390	11900	12800
710L-08	4000	743	474	0,84	0,82	0,75	96,7	96,8	96,4	51380	210	1840	1300	495	13300	14200
710K-08	4500	744	533	0,84	0,82	0,75	96,8	96,9	96,5	57790	210	2020	1330	550	14300	15300
710H-08	5000	744	591	0,84	0,82	0,75	96,9	97,0	96,6	64210	210	2210	1350	615	15100	16100

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com

6000 V / 50 Hz / 10 polig

Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C

**MEBSSW Series / IP 55 / IC 81W**

**MEBSSD Series / IP 23 / IC 01**

**Mounting IM B3**

**6000 V / 50 Hz / 10 poles**

**Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C**

Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass (kg)	
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	IC 01	IC 81 W
400F-10	280	587	40	0,73	0,66	0,54	91,9	92,0	91,3	4560	210	350	480	24	3050	3400
400F-10	315	587	45	0,73	0,66	0,54	92,2	92,3	91,6	5120	210	390	490	25	3100	3450
400E-10	355	587	51	0,73	0,66	0,54	92,5	92,6	91,9	5770	210	440	490	28	3250	3600
400E-10	400	588	54	0,76	0,7	0,6	92,9	93,1	92,7	6500	210	400	600	32	3350	3700
450G-10	450	588	61	0,76	0,7	0,6	93,2	93,4	93,0	7310	210	440	610	44	3800	4200
450G-10	500	588	68	0,76	0,7	0,6	93,4	93,6	93,2	8130	210	490	610	49	3950	4350
450F-10	560	588	76	0,76	0,7	0,6	93,7	93,9	93,5	9100	210	540	620	55	4150	4550
450F-10	630	588	85	0,76	0,7	0,6	93,3	94,1	93,7	10220	210	610	620	60	4400	4800
450E-10	710	590	96	0,76	0,7	0,6	94,1	94,2	93,5	11500	210	600	710	70	4700	5100
500G-10	800	590	107	0,76	0,7	0,6	94,3	94,4	93,7	12920	210	670	710	85	5200	5700
500F-10	900	590	121	0,76	0,7	0,6	94,6	94,7	94,0	14560	210	750	720	95	5500	6000
500F-10	1000	590	134	0,76	0,7	0,6	94,7	94,8	94,1	16170	210	830	720	110	5700	6200
500E-10	1120	591	148	0,77	0,72	0,61	94,8	94,9	94,4	18100	210	780	860	120	6000	6500
560G-10	1250	591	164	0,77	0,72	0,61	95,0	95,1	94,6	20190	210	860	870	150	6600	7200
560F-10	1400	591	184	0,77	0,72	0,61	95,2	95,3	94,8	22610	210	960	870	170	7100	7700
560E-10	1600	592	210	0,77	0,72	0,61	95,4	95,5	95,0	25820	210	1080	890	195	7700	8300
560E-10	1800	593	229	0,79	0,74	0,65	95,7	95,8	95,3	29000	210	1060	1020	215	8000	8600
630L-10	2000	593	254	0,79	0,74	0,65	95,8	95,9	95,4	32220	210	1170	1030	290	9700	10600
630K-10	2240	593	284	0,79	0,74	0,65	96,0	96,1	95,6	36050	210	1290	1040	330	10400	11300
630K-10	2500	593	317	0,79	0,74	0,65	96,1	96,2	95,7	40230	210	1440	1040	365	11000	11900
630H-10	2800	595	351	0,8	0,75	0,65	96,0	96,0	95,6	44940	210	1710	980	410	11700	12600
710L-10	3150	595	394	0,8	0,75	0,65	96,2	96,2	95,8	50550	210	1880	1000	510	13000	13900
710K-10	3550	595	443	0,8	0,75	0,65	96,3	96,3	95,9	56960	210	2130	1000	565	14000	15000
710K-10	4000	595	499	0,8	0,75	0,65	96,5	96,5	96,1	64180	210	2290	1050	635	14800	15800

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | [www.menzel-elektromotoren.com](http://www.menzel-elektromotoren.com) | [info@menzel-elektromotoren.com](mailto:info@menzel-elektromotoren.com)

Baureihe MEBSSW / IP 55 / IC 81W

Baureihe MEBSSD / IP 23 / IC 01

Bauform IM B3

6000 V / 50 Hz / 12 polig

Wärmeklasse F / Ausnutzung B / Umgebungstemperatur 40 °C

*MEBSSW Series / IP 55 / IC 81W*

*MEBSSD Series / IP 23 / IC 01*

*Mounting IM B3*

*6000 V / 50 Hz / 12 poles*

*Insulation class F / Heating class B / Ambient Temperature 40 °C*

Type	Pn	n	In	cos φ			η [%]			Mn	Mb	Ur	Ir	J	Mass (kg)	
	kW	rpm	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	Nm	%	V	A	kgm <sup>2</sup>	IC 01	IC 81 W
450G-12	355	488	53	0,71	0,64	0,51	91,5	91,5	90,7	6940	220	470	450	46	3800	4200
450G-12	400	489	59	0,71	0,64	0,51	91,8	91,8	91,0	7820	220	530	450	53	3950	4350
450F-12	450	489	66	0,71	0,64	0,51	92,2	92,2	91,4	8800	220	560	480	60	4250	4650
450F-12	500	491	69	0,75	0,7	0,59	93,0	93,2	92,7	9730	210	540	560	60	4400	4800
500G-12	560	491	77	0,75	0,7	0,59	93,3	93,5	93,0	10900	210	590	570	90	4900	5400
500G-12	630	491	86	0,75	0,7	0,59	93,6	93,8	93,3	12250	210	660	580	100	5100	5600
500F-12	710	491	97	0,75	0,7	0,59	93,8	94,0	93,5	13810	210	730	590	110	5500	6000
500F-12	800	492	109	0,75	0,7	0,59	93,8	94,0	93,4	15540	210	670	720	125	5800	8300
560G-12	900	492	123	0,75	0,7	0,59	94,1	94,3	93,7	17490	210	750	720	135	6400	7000
560G-12	1000	492	136	0,75	0,7	0,59	94,3	94,5	93,9	19420	210	830	720	150	6700	7300
560F-12	1120	492	152	0,75	0,7	0,59	94,5	94,7	94,1	21740	210	940	720	170	7200	7800
560E-12	1250	493	167	0,76	0,71	0,6	94,6	94,8	94,4	24200	200	900	830	195	7700	8300
630L-12	1400	493	187	0,76	0,71	0,6	94,8	95,0	94,6	27100	200	1010	830	260	9200	10100
630L-12	1600	493	213	0,76	0,71	0,6	95,0	95,2	94,8	30970	200	1150	840	290	9700	10600
630K-12	1800	494	239	0,76	0,71	0,6	95,2	95,4	95,0	34830	200	1250	870	330	10300	11200
630K-12	2000	494	262	0,77	0,72	0,61	95,3	95,5	95,1	38660	200	1140	1050	365	10800	11700
710L-12	2240	494	293	0,77	0,72	0,61	95,5	95,7	95,3	43300	200	1250	1070	450	12300	13200
710L-12	2500	494	327	0,77	0,72	0,61	95,6	95,8	95,4	48300	200	1400	1070	510	13100	14000
710K-12	2800	495	365	0,77	0,72	0,61	95,8	96,0	95,6	54070	200	1550	1080	565	13900	14900

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.:+49-30-349922-0 | Fax:+49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com



## 22. MASSZEICHNUNGEN

**ELEKTROMOTOREN**  
Baureihe **MEBSSL / 400 – 560**

Bauform IM B3 / Schutzart IP 55 / Kühlart IC 611

## 22. DIMENSION DRAWINGS

**MEBSSL Series / 400 – 560**

Mounting IM B3 / Protection IP 55 / Cooling IC 611

Type	Number of poles	A	AA	AB	AC	AD <sup>3)</sup>	B	BA	BB	BC	BF	C	CA	CB
400 F	4 - 12	800	110	888	900	795	1250	355	1690	542	675	250	640	95
E	4 - 12	800	110	888	900	795	1400	370	1900	542	780	250	700	95
450 G	4 - 12	900	130	988	1000	845	1250	330	1690	542	675	250	640	95
F	4 - 12	900	130	988	1000	845	1400	340	1840	542	750	250	640	95
E	4 - 12	900	130	988	1000	845	1600	365	2010	542	835	250	610	95
500 G	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1400	375	1840	542	760	280	625	105
F	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1600	400	2010	542	845	280	595	105
E	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1800	405	2200	542	940	280	585	105
560 G	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	1600	390	2010	616	815	280	620	110
F	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	1800	425	2200	616	910	280	610	110
E	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	2000	410	2400	616	1010	280	610	110
Type	Number of poles	D <sup>1)</sup>	DA <sup>1)</sup>	E	EA	F	GA	H <sup>2)</sup>	HA	HD	K	L	LC	LH
400 F	4 - 12	110	110	210	210	28	116	400	30	1600	35	2320	2560	1680
E	4 - 12	110	110	210	210	28	116	400	30	1600	35	2530	2770	1890
450 G	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1800	35	2320	2560	1680
F	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1800	35	2470	2710	1830
E	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1800	35	2640	2880	2000
500 G	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	2000	42	2520	2805	1830
F	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	2000	42	2690	2975	2000
E	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	2000	42	2880	3165	2190
560 G	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2250	42	2775	3100	2000
F	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2250	42	2965	3290	2190
E	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2250	42	3165	3490	2390

1) Tolerance ISO m6

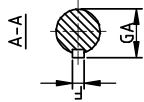
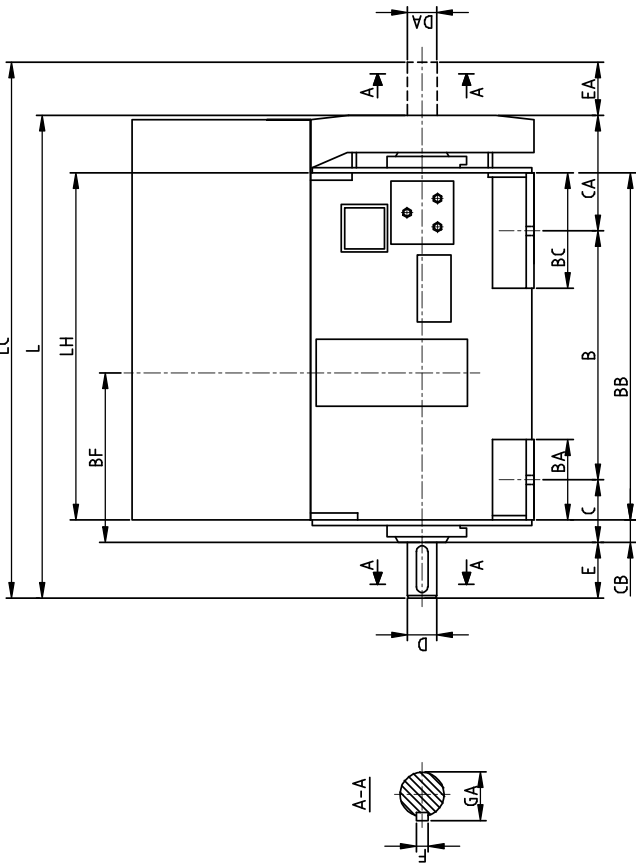
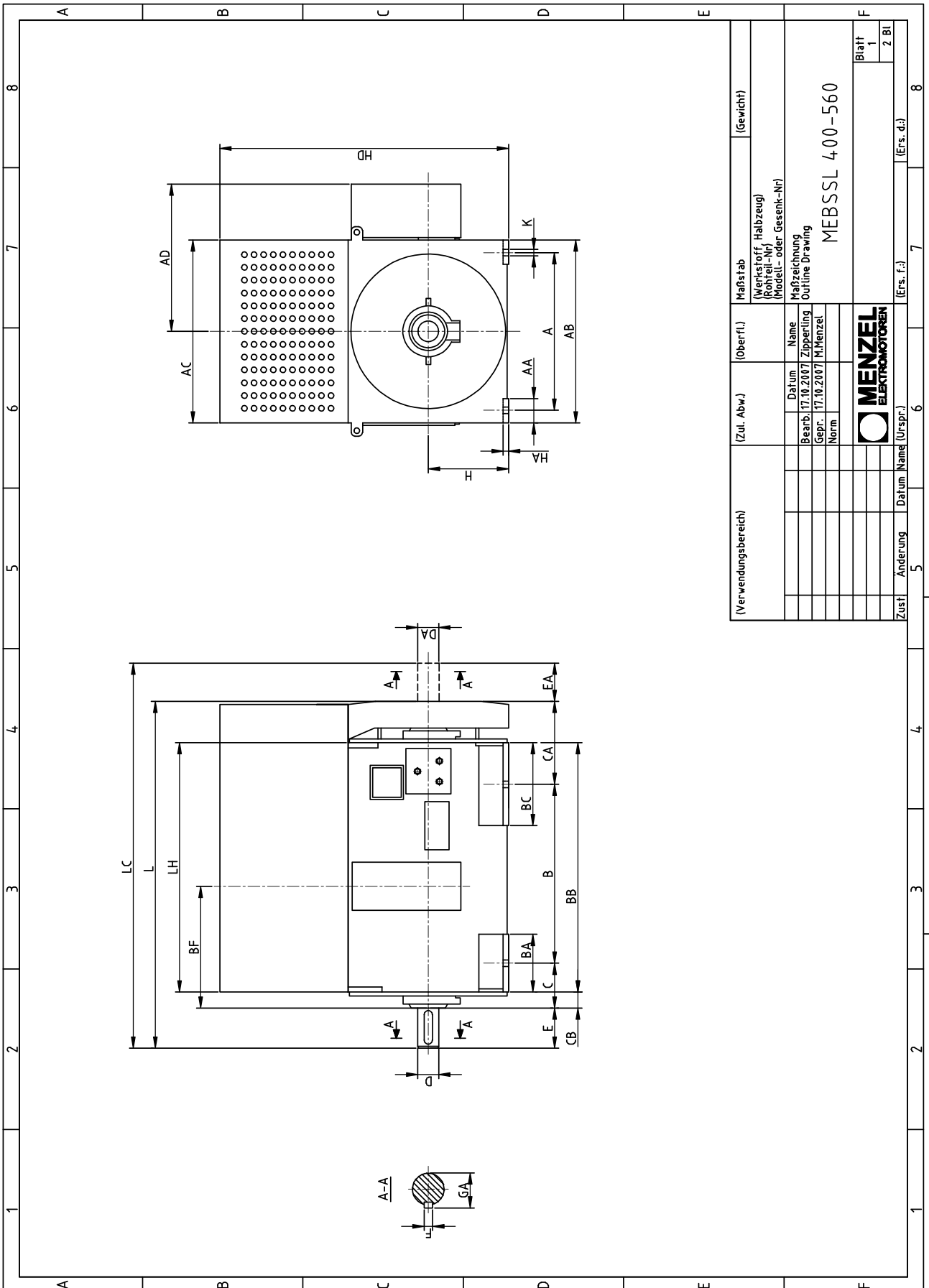
2) Tolerance : 0 / -1

3) Standard terminal box / upon request alternative terminal box may be supplied.

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.** / Subject to technical modification and error.

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com



Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

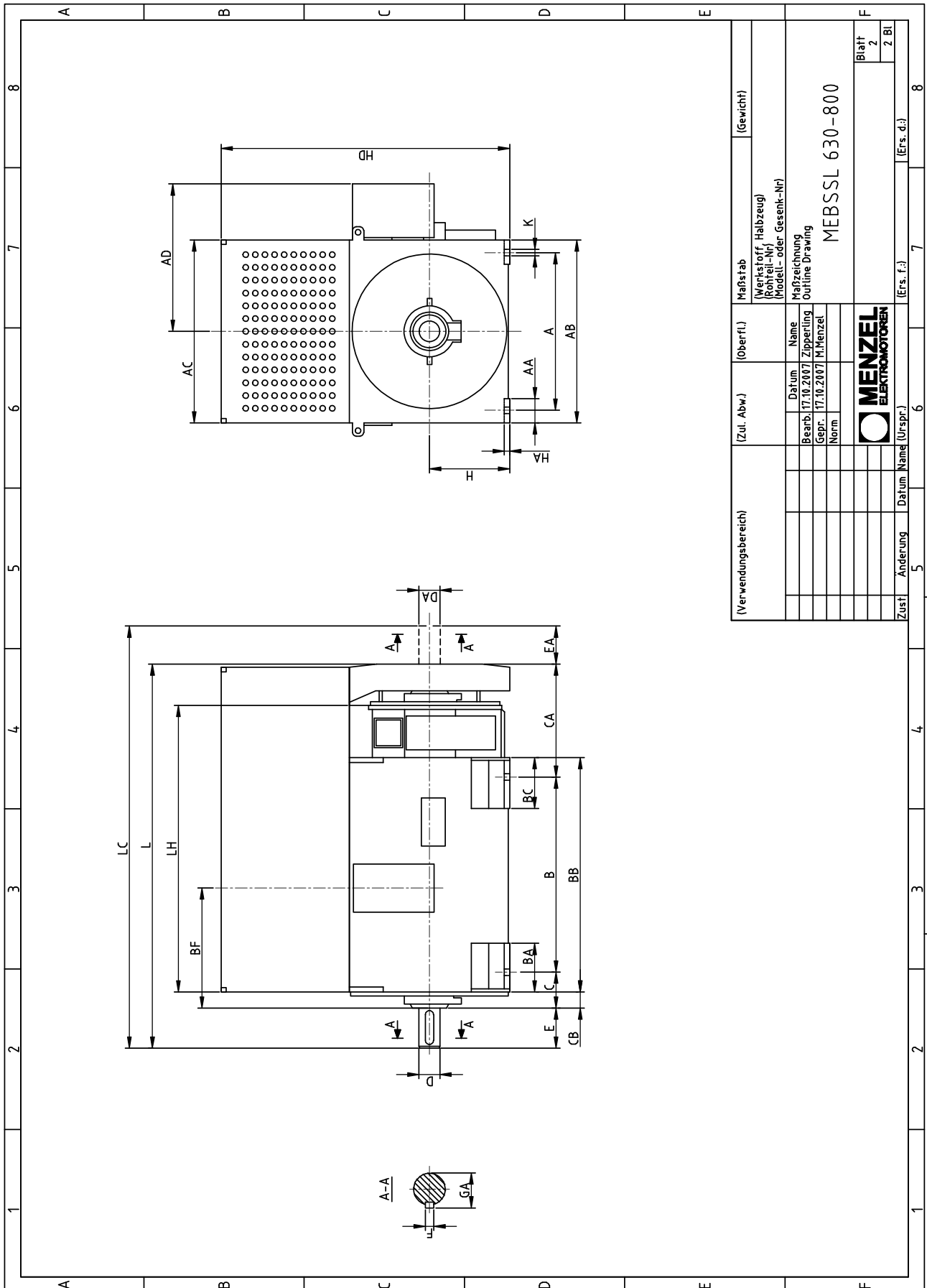
Type	Number of poles	A	AA	AB	AC	AD <sup>3)</sup>	B	BA	BB	BC	BF	C	CA	CB
630 L	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1120	465	1595	460	915	315	1295	115
K	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1250	445	1795	440	1015	315	1365	115
H	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1600	480	2045	475	1140	315	1265	115
710 L*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1250	475	1735	470	1000	315	1455	130
K*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1400	480	1985	475	1125	315	1555	130
H 4*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1800	515	2235	510	1250	315	1405	130
800 L 4*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	1600	495	1915	490	1090	315	1365	135
K 4*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	1800	520	2205	535	1230	315	1445	135
H 4*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	2000	555	2495	550	1385	315	1545	135
Type	Number of poles	D <sup>1)</sup>	DA <sup>1)</sup>	E	EA	F	GA	H <sup>2)</sup>	HA	HD	K	L	LC	LH
630 L	4 - 12	160	160	300	300	40	169	630	45	2250	48	3010	3330	2190
K	4 - 12	180	180	300	300	45	190	630	45	2500	48	3210	3530	2390
H	4 - 12	180	180	300	300	45	190	630	45	2500	48	3460	3780	2640
710 L*	4 - 12	180	180	300	300	45	190	710	50	2500	48	3300	3620	2400
K*	4 - 12	200	200	350	350	45	210	710	50	2800	48	3600	3970	2650
H*	4 - 12	200	200	350	350	45	210	710	50	2800	48	3850	4220	2900
800 L*	4 - 12	220	220	350	350	50	231	800	50	2800	56	3600	3980	2580
K*	4 - 12	220	220	350	350	50	231	800	50	2800	56	3890	4260	2870
H*	4 - 12	250	250	410	410	56	262	800	50	3150	56	4240	4680	3160

1) Tolerance ISO m6

2) Tolerance : 0 / -1

3) Standard terminal box / upon request alternative terminal box may be supplied.

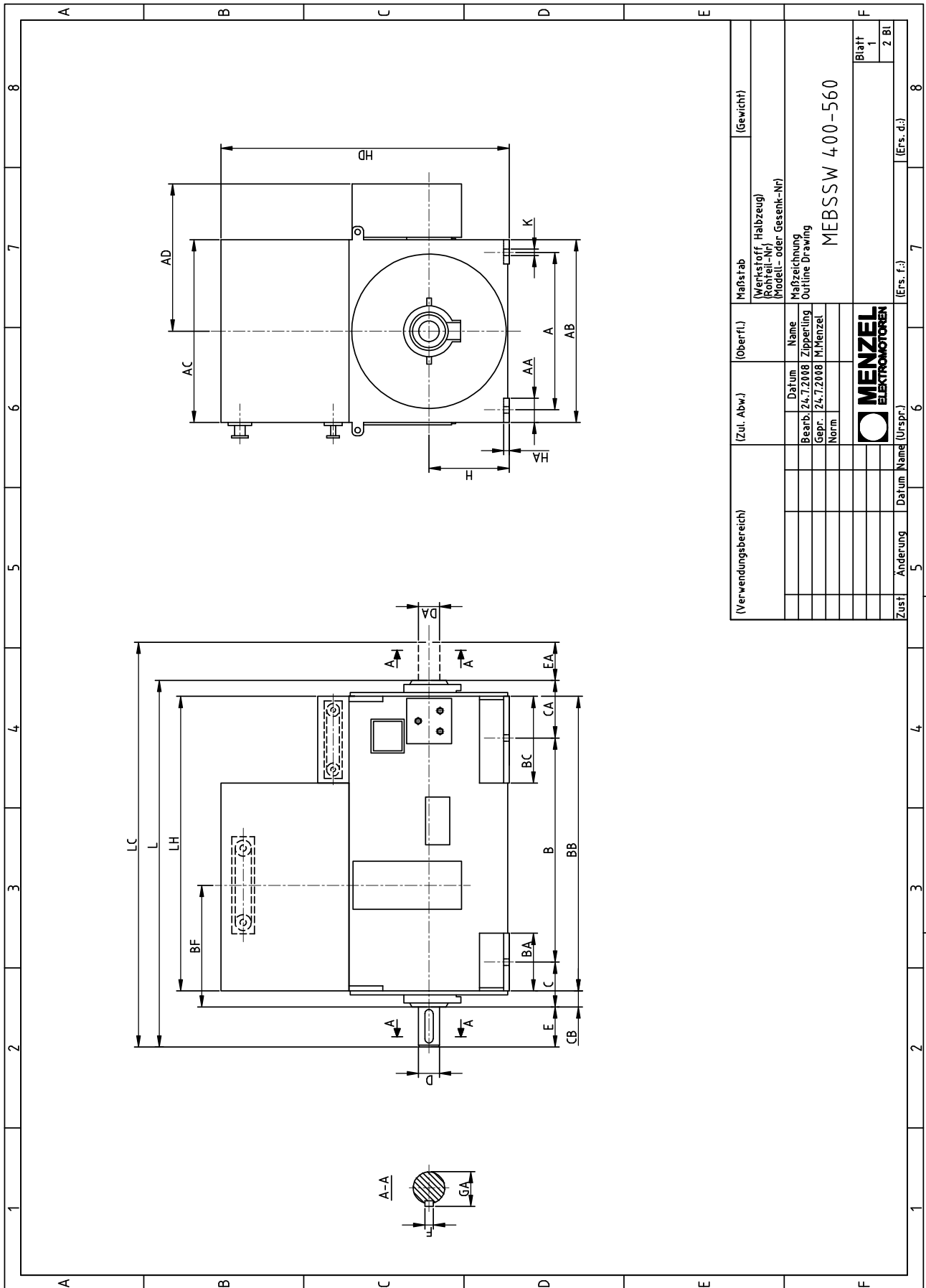
\* 04 poles with sleeve-bearings – 06 and more poles with rolling contact bearings



Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

Type	Number of poles	A	AA	AB	AC	AD <sup>3)</sup>	B	BA	BB	BC	BF	C	CA	CB
400 F	4 - 12	800	110	888	900	795	1250	355	1690	542	675	250	380	95
E	4 - 12	800	110	888	900	795	1400	370	1900	542	780	250	440	95
450 G	4 - 12	900	130	988	1000	845	1250	330	1690	542	675	250	380	95
F	4 - 12	900	130	988	1000	845	1400	340	1840	542	750	250	380	95
E	4 - 12	900	130	988	1000	845	1600	365	2010	542	835	250	350	95
500 G	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1400	375	1840	542	760	280	370	105
F	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1600	400	2010	542	845	280	340	105
E	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1800	405	2200	542	940	280	330	105
560 G	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	1600	390	2010	616	815	280	350	110
F	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	1800	425	2200	616	910	280	340	110
E	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	2000	410	2400	616	1010	280	340	110
Type	Number of poles	D <sup>1)</sup>	DA <sup>1)</sup>	E	EA	F	GA	H <sup>2)</sup>	HA	HD	K	L	LC	LH
400 F	4 - 12	110	110	210	210	28	116	400	30	1600	35	2085	2300	1680
E	4 - 12	110	110	210	210	28	116	400	30	1600	35	2295	2510	1890
450 G	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1800	35	2085	2300	1680
F	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1800	35	2235	2450	1830
E	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1800	35	2405	2620	2000
500 G	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	2000	42	2295	2550	1830
F	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	2000	42	2465	2720	2000
E	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	2000	42	2655	2910	2190
560 G	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2250	42	2525	2830	2000
F	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2250	42	2715	3020	2190
E	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2250	42	2915	3220	2390

- 1) Tolerance ISO m6
- 2) Tolerance : 0 / -1
- 3) Standard terminal box / upon request alternative terminal box may be supplied.



(Verwendungsbereich)		(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab	(Gewicht)
				(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gessenk-Nr.)	
				Maßzeichnung Outline Drawing	
				MEBSSW 400-560	
					Blatt 1 2 Bl.
Zustl.	Änderung	Datum	Name (Urspr.)	(Ers. f.)	(Ers. d.)
			MENZEL ELEKTROMOTOREN		

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

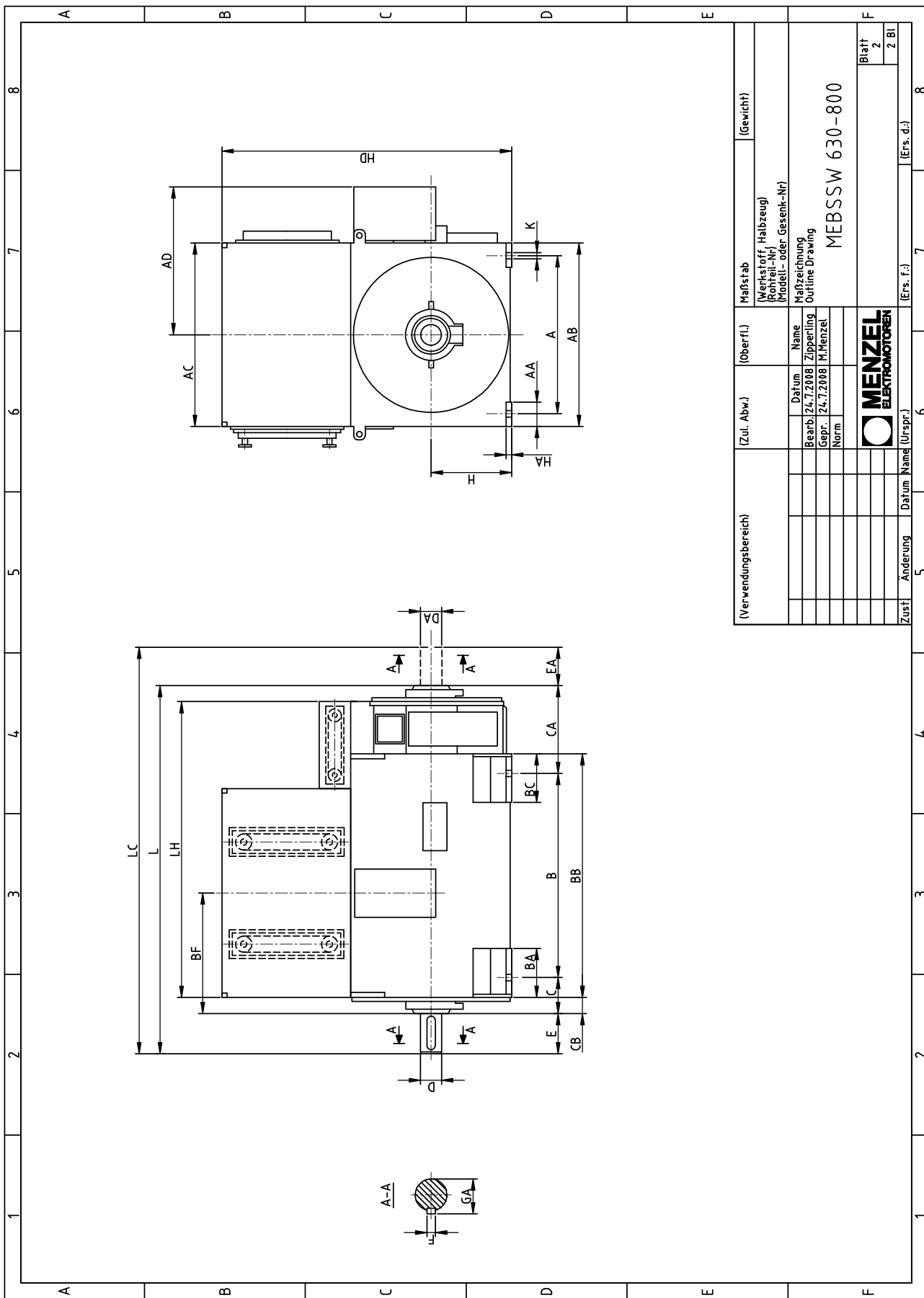
Type	Number of poles	A	AA	AB	AC	AD <sup>3)</sup>	B	BA	BB	BC	BF	C	CA	CB
630 L	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1120	465	1595	460	915	315	995	115
K	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1250	445	1795	440	1015	315	1065	115
H	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1600	480	2045	475	1140	315	965	115
710 L*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1250	475	1735	470	1000	315	1105	130
K*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1400	480	1985	475	1125	315	1205	130
H*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1800	515	2235	510	1250	315	1055	130
800 L*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	1600	495	1915	490	1090	315	945	135
K*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	1800	520	2205	535	1230	315	1035	135
H*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	2000	555	2495	550	1385	315	1125	135
Type	Number of poles	D <sup>1)</sup>	DA <sup>1)</sup>	E	EA	F	GA	H <sup>2)</sup>	HA	HD	K	L	LC	LH
630 L	4 - 12	160	160	300	300	40	169	630	45	2250	48	2716	3030	2190
K	4 - 12	180	180	300	300	45	190	630	45	2500	48	2920	3230	2390
H	4 - 12	180	180	300	300	45	190	630	45	2500	48	3170	3480	2640
710 L*	4 - 12	180	180	300	300	45	190	710	50	2500	48	2950	3270	2400
K*	4 - 12	200	200	350	350	45	210	710	50	2800	48	3255	3620	2650
H*	4 - 12	200	200	350	350	45	210	710	50	2800	48	3505	3870	2900
800 L*	4 - 12	220	220	350	350	50	231	800	50	2800	56	3195	3560	2580
K*	4 - 12	220	220	350	350	50	231	800	50	2800	56	3485	3850	2870
H*	4 - 12	250	250	410	410	56	262	800	50	2800	56	3840	4260	3160

1) Tolerance ISO m6

2) Tolerance : 0 / -1

3) Standard terminal box / upon request alternative terminal box may be supplied.

\* 04 poles with sleeve-bearings – 06 and more poles with rolling contact bearings



Verwendungsbereich		Zul. Abw.	(Oberfl.)	Maßstab	(Gewicht)
				(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.) (Modell- oder Gesenk-Nr.)	
		Datum	Name	Maßzeichnung	
		Bearb. 24.7.2008	Zipperling	Outline Drawing	
		Gepr. 24.7.2008	M. Menzel	MEBSSW 630-800	
		Norm			
Zustf.	Änderung	Datum	Name (Urspr.)	(Ers. f.)	(Ers. d.)
<b>MENZEL</b>					Blatt
<b>ELEKTROMOTOREN</b>					2
					2 Bl.

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

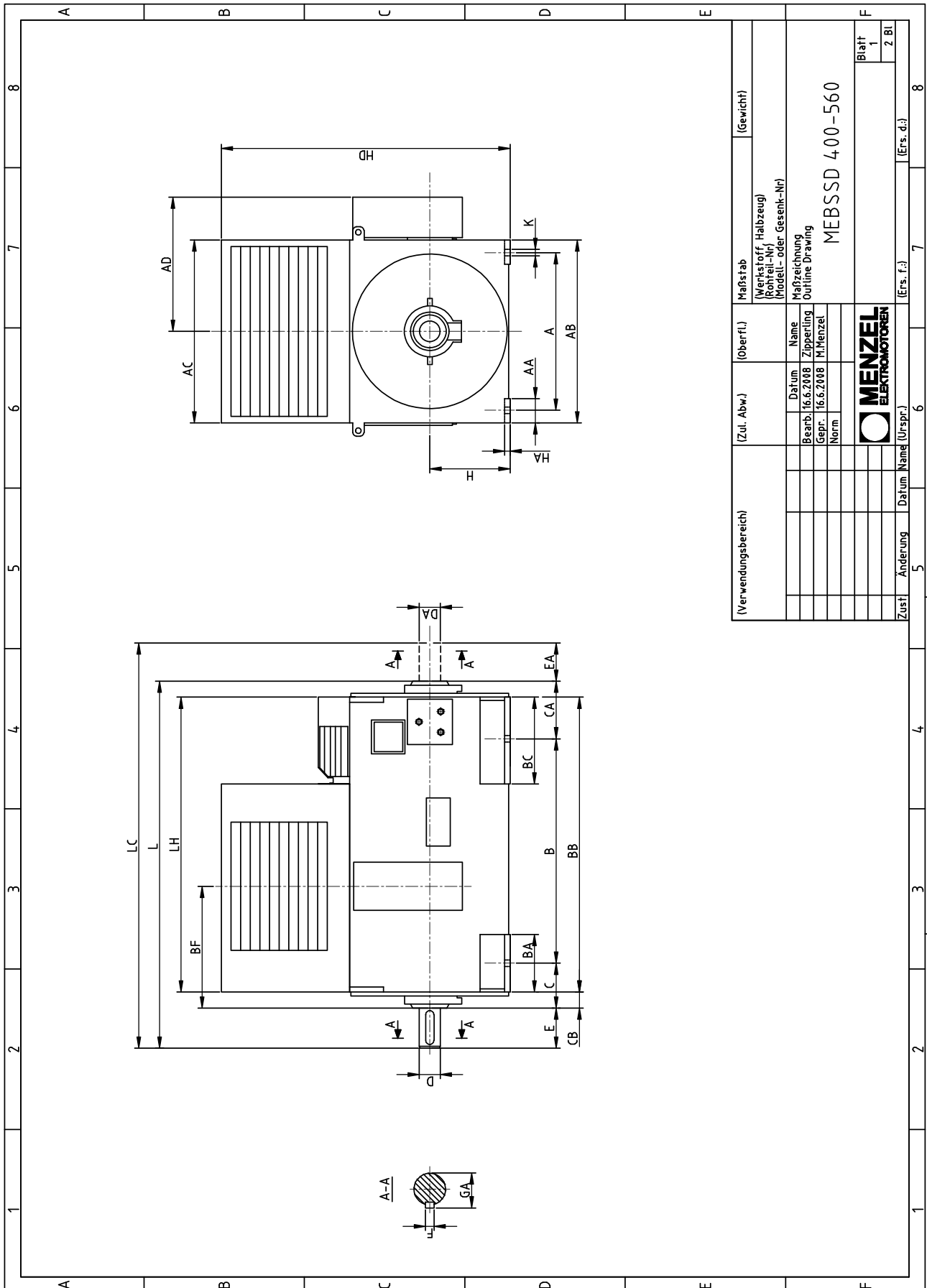


Type	Number of poles	A	AA	AB	AC	AD <sup>3)</sup>	B	BA	BB	BC	BF	C	CA	CB
400 F	4 - 12	800	110	888	900	795	1250	355	1690	542	675	250	380	95
E	4 - 12	800	110	888	900	795	1400	370	1900	542	780	250	440	95
450 G	4 - 12	900	130	988	1000	845	1250	330	1690	542	675	250	380	95
F	4 - 12	900	130	988	1000	845	1400	340	1840	542	750	250	380	95
E	4 - 12	900	130	988	1000	845	1600	365	2010	542	835	250	350	95
500 G	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1400	375	1840	542	760	280	370	105
F	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1600	400	2010	542	845	280	340	105
E	4 - 12	1000	150	1138	1150	920	1800	405	2200	542	940	280	330	105
560 G	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	1600	390	2010	616	815	280	350	110
F	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	1800	425	2200	616	910	280	340	110
E	4 - 12	1120	180	1284	1300	995	2000	410	2400	616	1010	280	340	110
Type	Number of poles	D <sup>1)</sup>	DA <sup>1)</sup>	E	EA	F	GA	H <sup>2)</sup>	HA	HD	K	L	LC	LH
400 F	4 - 12	110	110	210	210	28	116	400	30	1400	35	2085	2300	1680
E	4 - 12	110	110	210	210	28	116	400	30	1400	35	2295	2510	1890
450 G	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1600	35	2085	2300	1680
F	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1600	35	2235	2450	1830
E	4 - 12	120	120	210	210	32	127	450	35	1600	35	2405	2620	2000
500 G	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	1800	42	2295	2550	1830
F	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	1800	42	2465	2720	2000
E	4 - 12	140	140	250	250	36	148	500	45	1800	42	2655	2910	2190
560 G	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2000	42	2525	2830	2000
F	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2000	42	2715	3020	2190
E	4 - 12	160	160	300	300	40	169	560	45	2000	42	2915	3220	2390

1) Tolerance ISO m6

2) Tolerance : 0 / -1

3) Standard terminal box / upon request alternative terminal box may be supplied.



Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

Type	Number of poles	A	AA	AB	AC	AD <sup>3)</sup>	B	BA	BB	BC	BF	C	CA	CB
630 L	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1120	465	1595	460	915	315	995	115
K	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1250	445	1795	440	1015	315	1065	115
H	4 - 12	1250	200	1434	1450	1060	1600	480	2045	475	1140	315	965	115
710 L*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1250	475	1735	470	1000	315	1105	130
K*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1400	480	1985	475	1125	315	1205	130
H*	4 - 12	1400	200	1630	1650	1160	1800	515	2235	510	1250	315	1055	130
800 L*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	1600	495	1915	490	1090	315	945	135
K*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	1800	520	2205	535	1230	315	1035	135
H*	4 - 12	1600	200	1830	1850	1260	2000	555	2495	550	1385	315	1125	135
Type	Number of poles	D <sup>1)</sup>	DA <sup>1)</sup>	E	EA	F	GA	H <sup>2)</sup>	HA	HD	K	L	LC	LH
630 L	4 - 12	160	160	300	300	40	169	630	45	2250	48	2716	3030	2190
K	4 - 12	180	180	300	300	45	190	630	45	2250	48	2920	3230	2390
H	4 - 12	180	180	300	300	45	190	630	45	2250	48	3170	3480	2640
710 L*	4 - 12	180	180	300	300	45	190	710	50	2500	48	2950	3270	2400
K*	4 - 12	200	200	350	350	45	210	710	50	2500	48	3255	3620	2650
H*	4 - 12	200	200	350	350	45	210	710	50	2500	48	3505	3870	2900
800 L*	4 - 12	220	220	350	350	50	231	800	50	2800	56	3195	3560	2580
K*	4 - 12	220	220	350	350	50	231	800	50	2800	56	3485	3850	2870
H*	4 - 12	250	250	410	410	56	262	800	50	2800	56	3840	4260	3160

1) Tolerance ISO m6

2) Tolerance : 0 / -1

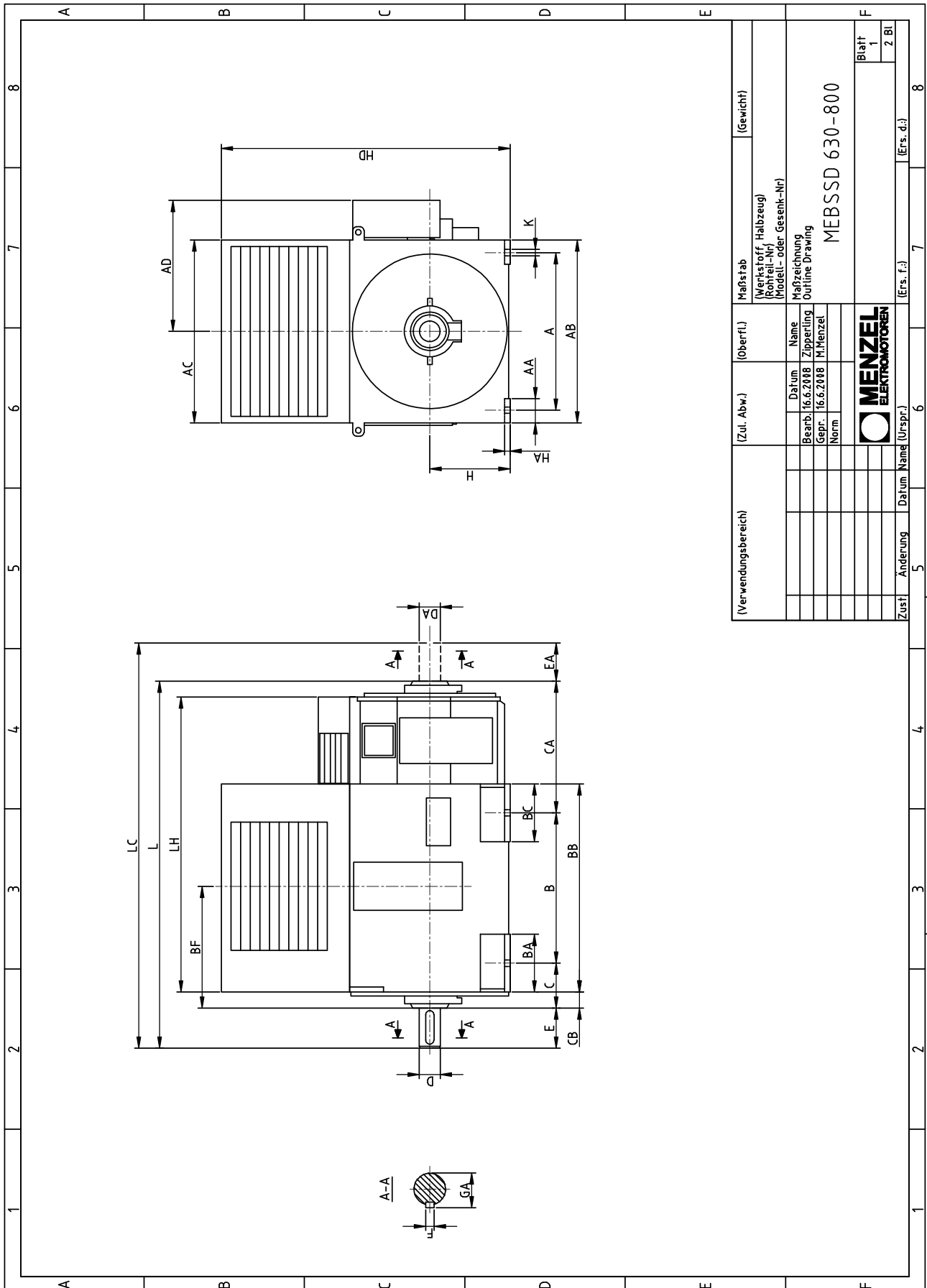
3) Standard terminal box / upon request alternative terminal box may be supplied.

\* 04 poles with sleeve-bearings – 06 and more poles with rolling contact bearings

**Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.**

**MENZEL Elektromotoren GmbH**

Neues Ufer 19-25 10553 Berlin, Germany | Tel.: +49-30-349922-0 | Fax: +49-30-349922-999 | www.menzel-elektromotoren.com | info@menzel-elektromotoren.com



Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten. / Subject to technical modification and error.

MENZEL Elektromotoren GmbH

Sumitomo Drive Technologies  
*Always on the Move*

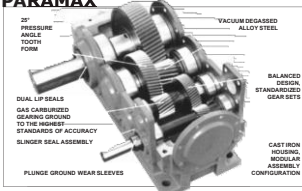
# Paramax

Parallel Shaft & Right Angle  
Speed Reducers



CATALOG 07 201-50109

**PARAMAX** "The Available Solution, Worldwide."



**SUMITOMO PARAMAX**  
Sumitomo has applied its record of 50 years of speed reducer experience to the design and manufacture of PARAMAX Parallel Shaft and Right Angle Speed Reducers. During this time we have designed and built some of the largest, most durable and trouble-free speed reducers in the world. Our fully integrated grinding and production facilities are equipped to produce prompt delivery of products manufactured to existing standards at a competitive price. Worldwide networks of representatives, sales representatives, distributors and service technicians provide qualified, on-site field service wherever and whenever you need it.

**GREATER CAPACITY, QUIET, TROUBLE-FREE**  
Produced with special Vacuum Degassed Alloy Steel, hobbing grinding in the PARAMAX series is machined using the production hobbing method to generate a hobbing with an increased tooth angle and pressure angle. After hobbing, the teeth are gas carburized, heat treated and finished to the highest standards of accuracy. Super-fine grinding is used to produce a smoother, more accurate, and longer lasting gear tooth profile than conventional hobbing and ground gearing.

**COMPUTER-AIDED DESIGN, MAXIMUM EFFICIENCY**  
Ratios and distributions of each stage of gearing are optimized through the latest computer-aided design technology.

**FEATURES**  
**ECONOMY, STANDARDIZATION, INTERCHANGEABILITY**  
Featuring a concept of standardized gear set design and manufacture, PARAMAX offers the most economical and uniform high-quality product available for demanding parallel shaft and right angle applications. Standardization also provides the added economy and value of interchangeability of gear sets from size to size.

**KEYWORDS**  
Housing are manufactured from high quality cast iron and are designed to meet the most strict engineering and functional requirements. The need to comply with severe environmental conditions is met with a variety of housing exterior coats. Standard features include oil seal assembly, cast iron housing, and standard assembly configuration for P2 through P4 and P2 through P4.

**DRIVE RATINGS**  
Standard Paramax Speed Reducers are designed and built for applications in the 10 to 1000 hp service output category. For parallel shaft reducers, the AGMA service factor is 1.0 at 70% overload. When applications require more than a 70% overload, the AGMA service factor is 1.25. The actual load must be multiplied by the service factor.

**SHAFTS**  
Shafts are manufactured from high alloy steel and are heat treated under strictly controlled conditions. Special care is exercised during design to ensure maximum fatigue strength and stress concentration.

**BEARINGS**  
Shafts of Paramax Speed Reducers are mounted on tapered roller bearings or ball bearings, which are selected to meet the load and life requirements of the application. Bearings are selected to meet the load and life requirements of the application. Bearings are selected to meet the load and life requirements of the application.

**SEALS**  
Standard Paramax gear units incorporate standard seal designs which provide better maintenance and greater reliability. Change gears are simple and straightforward to remove without major design to the shaft.

**COOLING**  
Normally, heat from the drive is dissipated through the housing surface. Depending upon the application, an external cooling fan is available. Cooling fans are standard on Paramax. Cooling fans are standard on Paramax. Cooling fans are standard on Paramax.

**EXCESSIVE OVERLOADS**  
The Paramax Speed Reducers, which meet an AGMA application factor of 1.0, can withstand a momentary peak torque of 200% of the rated torque (175% of rated speed) for 15 minutes. The actual load must be multiplied by the service factor.

**OPERATING**  
All Paramax Speed Reducers are designed to encounter up to 200% of rated torque momentary peak torque, with operating temperatures up to 200°F (93°C) and higher in isolated areas, exceeding AGMA standards.

## DESIGN FEATURES

**GEARING**  
Gears are based on the latest AGMA standards with both modification developed with computer technology. The resulting geometry has lower stresses for longer life. The gears are produced by production hobbing with 2D standard pressure angle and a non-standard angle. The production angle is 20 degrees. The gears are then fully integrated grinding and production facilities are equipped to produce prompt delivery of products manufactured to existing standards at a competitive price. Worldwide networks of representatives, sales representatives, distributors and service technicians provide qualified, on-site field service wherever and whenever you need it.

**KEYWORDS**  
Housing are manufactured from high quality cast iron and are designed to meet the most strict engineering and functional requirements. The need to comply with severe environmental conditions is met with a variety of housing exterior coats. Standard features include oil seal assembly, cast iron housing, and standard assembly configuration for P2 through P4 and P2 through P4.

**DRIVE RATINGS**  
Standard Paramax Speed Reducers are designed and built for applications in the 10 to 1000 hp service output category. For parallel shaft reducers, the AGMA service factor is 1.0 at 70% overload. When applications require more than a 70% overload, the AGMA service factor is 1.25. The actual load must be multiplied by the service factor.

**SHAFTS**  
Shafts are manufactured from high alloy steel and are heat treated under strictly controlled conditions. Special care is exercised during design to ensure maximum fatigue strength and stress concentration.

**BEARINGS**  
Shafts of Paramax Speed Reducers are mounted on tapered roller bearings or ball bearings, which are selected to meet the load and life requirements of the application. Bearings are selected to meet the load and life requirements of the application.

**SEALS**  
Standard Paramax gear units incorporate standard seal designs which provide better maintenance and greater reliability. Change gears are simple and straightforward to remove without major design to the shaft.

**COOLING**  
Normally, heat from the drive is dissipated through the housing surface. Depending upon the application, an external cooling fan is available. Cooling fans are standard on Paramax. Cooling fans are standard on Paramax.

**EXCESSIVE OVERLOADS**  
The Paramax Speed Reducers, which meet an AGMA application factor of 1.0, can withstand a momentary peak torque of 200% of the rated torque (175% of rated speed) for 15 minutes. The actual load must be multiplied by the service factor.

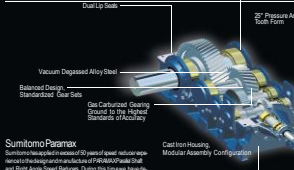
**OPERATING**  
All Paramax Speed Reducers are designed to encounter up to 200% of rated torque momentary peak torque, with operating temperatures up to 200°F (93°C) and higher in isolated areas, exceeding AGMA standards.

Paramax high-torque right angle speed reducer.

SPEED REDUCERS  
Parallel Shaft & Right Angle

# Paramax

Cut-Up Shaft



Vacuum Degassed Alloy Steel

Balanced Design, Standardized Gear Sets

Gas Carburized Gearing Grind to the Hobbler Standards of Accuracy

Cast Iron Housing, Modular Assembly Configuration

Greater Capacity, Quiet, Trouble-Free

Product with maximum Vacuum Degassed Alloy Steel hobbing, grinding in the PARAMAX series is machined using the production hobbing method to generate a hobbing with an increased tooth angle and pressure angle. After hobbing, the teeth are gas carburized, heat treated and finished to the highest standards of accuracy. Super-fine grinding is used to produce a smoother, more accurate, and longer lasting gear tooth profile than conventional hobbing and ground gearing.

Computer-Aided Design, Maximum Efficiency

Ratios and distributions of each stage of gearing are optimized through the latest computer-aided design technology.

www.sumitomodrive.com

## CONTENTS

<b>PRODUCT INTRODUCTION</b>	• Design Features • Applications Information	1
<b>PRODUCT APPLICATION &amp; SELECTION</b>	• Service Factors • Operating Load • Lubrication • Nomenclature	5
<b>PARALLEL SHAFT PRODUCTS</b>		
<b>DOUBLE REDUCTION GEAR REDUCERS RATIOS 3 - 20 - RATINGS &amp; DIMENSIONS</b>		9
<b>TRIPLE REDUCTION GEAR REDUCERS RATIOS 20 - 100 - RATINGS &amp; DIMENSIONS</b>		23
<b>QUADRUPLE REDUCTION GEAR REDUCERS RATIOS 71 - 450 - RATINGS &amp; DIMENSIONS</b>		34
<b>RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL PRODUCTS</b>		
<b>DOUBLE REDUCTION GEAR REDUCERS RATIOS 3 - 20 - RATINGS &amp; DIMENSIONS</b>		35
<b>TRIPLE REDUCTION GEAR REDUCERS RATIOS 20 - 100 - RATINGS &amp; DIMENSIONS</b>		45
<b>QUADRUPLE REDUCTION GEAR REDUCERS RATIOS 71 - 450 - RATINGS &amp; DIMENSIONS</b>		57
<b>SUPPLEMENTARY DIMENSIONS</b>	• Keys & Tapped Holes • Drop Bearings • Pin Cores • Shaft, Shim, Shimless Options • Fast Pin Arrangement	59
<b>ENGINEERING REFERENCE &amp; CONVERSION TABLES</b>		60
<b>APPLICATION DATA QUESTIONNAIRE</b>		112

## APPLICATION INFORMATION

**SELECTION (See page 17)**  
**SERVICE FACTOR**  
A speed reducer is used for a specific application for a given and known in the event of an emergency, the service factor is used to determine the required capacity of the reducer. The service factor is used to determine the required capacity of the reducer. The service factor is used to determine the required capacity of the reducer.

**VARIABLE SPEED APPLICATION**  
When a Paramax Speed Reducer is chosen for a variable speed application, the speed reducer must be selected to meet the requirements of the application. The speed reducer must be selected to meet the requirements of the application. The speed reducer must be selected to meet the requirements of the application.

**THERMAL RATINGS**  
Actual horsepower, indicated by an application is to be checked against thermal ratings for a given and known in the event of an emergency, the service factor is used to determine the required capacity of the reducer. The service factor is used to determine the required capacity of the reducer.

**INSTALLATION AND OPERATION**  
Before actual starting of reducers, please read the following instructions carefully. The first of these instructions is to check the thermal ratings for a given and known in the event of an emergency, the service factor is used to determine the required capacity of the reducer. The service factor is used to determine the required capacity of the reducer.



Paramax Reducer used for sawmill drive.

## APPLICATION INFORMATION (Continued)

### ALLOWABLE RADIAL AND THRUST LOADS

The loads imposed on the high speed and low speed shafts vary with the method of mounting the shaft. Refer to the actual or transfer limits table and thrust loads are applied to the shaft at this same time.

For example, quality construction provides evenly tapered bore ends; however, when gear or sprocket through use wears both the shaft, both thrust bearing and radial bearings are applied to the shaft. Also, during through shafted gear, all the shafts (bearing, radial and thrust bearings) are subjected to the radial load.

The shaft and its bearings must have sufficient length to withstand these loads, and it is therefore, necessary to determine the allowable limits for each condition. For combined radial and thrust loads, please contact the factory.

### LOAD LOCATION

The radial and thrust capacities are calculated with the load concentrated at one shaft. However, due to the flexibility of the shaft and the mounting of the shaft, the load will be applied to the shaft and the gears or sprockets and the shaft and the gears or sprockets from the other must be applied accordingly. These limits are based on satisfactory design.

### SHAFT CONNECTIONS

Public, industrial or marine connections. Mount any of the above on shafts for all bearings are possible. In most cases, bearings and shaft connections. Most configurations can be used for industrial connections, before installation. In shafts used for industrial connections, they are possible and these. Contact appropriate after consulting, can be checked with a copy of our literature, which applies to the shaft and its application.

Consulting services are properly aligned to the series specification by the manufacturer.

PARAMAX Reducers used in choice miter application.



### MOUNTING TIPS

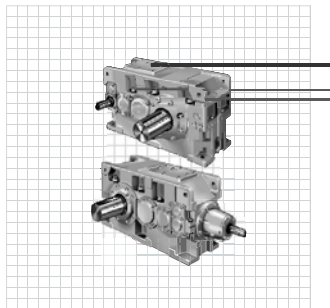
Horizontal and vertical shafts should be mounted in cases where appropriate. Vertical shafts are preferred for vertical applications. The vertical shaft should be mounted in cases where appropriate. The vertical shaft should be mounted in cases where appropriate. The vertical shaft should be mounted in cases where appropriate.

### WARRANTY

The company warrants that the PARAMAX Speed Reducer will perform in accordance with the specifications provided in the PARAMAX literature and shall remain so for a period of 12 months from the date of shipment to the customer. The company shall not be held responsible for any damage to the customer's equipment caused by the use of the PARAMAX Speed Reducer.

The company warrants that the PARAMAX Speed Reducer will perform in accordance with the specifications provided in the PARAMAX literature and shall remain so for a period of 12 months from the date of shipment to the customer. The company shall not be held responsible for any damage to the customer's equipment caused by the use of the PARAMAX Speed Reducer.

## PRODUCT APPLICATION and Selection



## NOMENCLATURE

SERIES	SIZE	TORQUE OUTPUT		SHAFT CONFIGURATION	NUMBER OF STAGES
		HP	KGm		
PARAMAX	016	24	2.6	PARALLEL	2
	025	36	3.4		
	035	58	6.5	P	3
	045	92	9.2		
	055	142	15.6		
	065	227	24.4		
	075	356	38.2	4	4
	085	522	58.5		
	090	733	85.9		
	095	831	101	RIGHT ANGLE	2
	100	1077	122		
	105	1226	144	R	3
110	1464	176			
115	1803	207			
120	2399	271			
125	2847	323	4	4	
130	3672	423			
135	4444	512			

REDUCER TYPES	ASSEMBLY DESIGNATION	SHAFT TYPE	MOUNTING TIPS
STANDARD REDUCER	RL	RL	PARALLEL SHAFT
	RL	RL	RIGHT ANGLE
	RL	RL	RIGHT ANGLE
	RL	RL	RIGHT ANGLE
A	RL	RL	PARALLEL SHAFT
	RL	RL	RIGHT ANGLE
D	RL	RL	PARALLEL SHAFT
	RL	RL	RIGHT ANGLE
RL	RL	RL	PARALLEL SHAFT
RL	RL	RL	RIGHT ANGLE
RL	RL	RL	PARALLEL SHAFT
RL	RL	RL	RIGHT ANGLE
RL	RL	RL	PARALLEL SHAFT
RL	RL	RL	RIGHT ANGLE
RL	RL	RL	PARALLEL SHAFT
RL	RL	RL	RIGHT ANGLE

## SERVICE FACTORS

SPEED REDUCER	GROSS TORQUE	NET TORQUE	SERVICE FACTOR	
			SHOCK LOAD	SHOCK LOAD
SERIES 016-135	0-200	0-100	1.0	1.0
	200-400	100-200	1.0	1.0
SERIES 140-135	0-200	0-100	1.0	1.0
	200-400	100-200	1.0	1.0
SERIES 140-135	0-200	0-100	1.0	1.0
	200-400	100-200	1.0	1.0
SERIES 140-135	0-200	0-100	1.0	1.0
	200-400	100-200	1.0	1.0

CONSULT FACTORY

## LUBRICATION

### LUBRICATION MAINTENANCE

- Lubrication should be inspected every 2000 hours and after 500 hours of operation. Then the gear oil should be filtered.
- Check the oil level. Check the oil level. Check the oil level.
- Change every 2500 hours of operation or every 6 months.
- Check the oil level. Check the oil level. Check the oil level.

### METHOD OF LUBRICATION

TYPE	GRADE	QUANTITY	FREQUENCY
016-135	ISO-VG 46	0.5 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours
140-135	ISO-VG 46	1.0 gal	2000 hours

### RECOMMENDED LUBRICANT GRADES

REDUCER	GRADE	ISO-VG	SAE	AGMA
016-135	ISO-VG 46	SAE 100	AGMA 100	
140-135	ISO-VG 46	SAE 100	AGMA 100	
140-135	ISO-VG 46	SAE 100	AGMA 100	
140-135	ISO-VG 46	SAE 100	AGMA 100	
140-135	ISO-VG 46	SAE 100	AGMA 100	
140-135	ISO-VG 46	SAE 100	AGMA 100	

OVERHUNG LOAD

LOW SPEED SHAFT

When overhung and/or thrust loads are applied to shaft assemblies, it is required to verify whether these loads are permissible or not.

OVERHUNG LOAD

The overhung load results from the following formula:

FL = (2000 - 250) \* L \* W \* C \* N

F: Calculated overhung load (LBS)
W: Rotorsever transmitted by shaft (HP)

N: Shaft speed (rpm)
D: Pitch dia of pin drive component (inch)
C: Load connection factor (See Table)

L: Load location factor (See Table)
Verify that the calculated overhung load is equal to or less than the allowable overhung load shown on next page.

THRUST LOAD

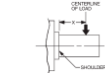
Verify that the thrust load is equal to or less than the allowable thrust load shown on next page.

LOAD CONNECTION FACTOR

Table with 2 columns: Application Factor, Value. Values range from 1.0 to 1.5.

LOAD LOCATION FACTOR AT SLOW SPEED SHAFT

Table with 14 columns (L1-L14) and 5 rows (0.25-2.00). Values range from 0.5 to 1.0.



1. Calculated for 50% overhung, other shaft load capacity requirements.
2. Consult factory for form 419-318.

ALLOWABLE EXTERNAL LOADS

SELECTION KEY TABLE

Table with 4 columns: Application Factor, Rotorsever, Pin dia, Shaft Speed. Values range from 1.0 to 1.5.



ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT SLOW SPEED SHAFT: Selection Key = 1 UNIT: LBS. X 100

Table with 4 columns (S1-S4) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT SLOW SPEED SHAFT: Selection Key = 2 UNIT: LBS. X 100

Table with 4 columns (S1-S4) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE THRUST LOAD AT SLOW SPEED SHAFT UNIT: LBS. X 100

Table with 4 columns (S1-S4) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE EXTERNAL LOADS

SELECTION KEY TABLE

Table with 4 columns: Application Factor, Rotorsever, Pin dia, Shaft Speed. Values range from 1.0 to 1.5.



ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT SLOW SPEED SHAFT: Selection Key = 1 UNIT: KGF X 100

Table with 4 columns (S1-S4) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT SLOW SPEED SHAFT: Selection Key = 2 UNIT: KGF X 100

Table with 4 columns (S1-S4) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE THRUST LOAD AT SLOW SPEED SHAFT UNIT: KGF X 100

Table with 4 columns (S1-S4) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE EXTERNAL LOADS

PARALLEL SHAFT (U.S.)

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT HIGH SPEED SHAFT UNIT: LBS.

Table with 3 columns (S1-S3) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT HIGH SPEED SHAFT UNIT: LBS.

Table with 3 columns (S1-S3) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

NOTE: The allowable overhung load shown in these speed applications is based on the modulus of the high speed shaft assembly. For other shaft materials, consult factory.

ALLOWABLE EXTERNAL LOADS

PARALLEL SHAFT (METRIC)

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT HIGH SPEED SHAFT UNIT: KGF

Table with 3 columns (S1-S3) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT HIGH SPEED SHAFT UNIT: KGF

Table with 3 columns (S1-S3) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

NOTE: The allowable overhung load shown in these speed applications is based on the modulus of the high speed shaft assembly. For other shaft materials, consult factory.

ALLOWABLE EXTERNAL LOADS

RIGHT ANGLE SHAFT (U.S.)

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT HIGH SPEED SHAFT UNIT: LBS.

Table with 3 columns (S1-S3) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

ALLOWABLE OVERHUNG LOAD AT HIGH SPEED SHAFT UNIT: LBS.

Table with 3 columns (S1-S3) and 14 rows (D1-D14). Values range from 1.0 to 1.0.

NOTE: The allowable overhung load shown in these speed applications is based on the modulus of the high speed shaft assembly. For other shaft materials, consult factory.

## ALLOWABLE EXTERNAL LOADS

### RIGHT ANGLE SHAFT (METRIC)

ALLOWABLE OVERLOAD AT HIGH SPEED SHAFT		UNIT: KG/F											
Shaft Size	Shaft Speed (rpm)	Shaft Diameter (mm)											
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1.5 - 4	1500	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
	1800	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
20	1500	150	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
	1800	150	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
11.2 - 20	1500	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	1800	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500

ALLOWABLE OVERLOAD AT HIGH SPEED SHAFT		UNIT: KG/F											
Shaft Size	Shaft Speed (rpm)	Shaft Diameter (mm)											
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
20 - 25	1500	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	1800	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
25 - 30	1500	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
	1800	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
30 - 40	1500	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	1800	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
35 - 45	1500	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300
	1800	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300

NOTE: The allowable overloading loads shown in these tables apply to loading in the middle of the high speed shaft extension. For other loading, consult factory.

## SELECTION PROCEDURE

Selecting the correct reducer size requires the following steps:

**1. MECHANICAL SELECTION**

**Check required service factor.**  
The service factor...  
1. Type of load from driven machine.  
2. Type of prime mover.  
3. Average starting torque per day.

**Find Required Drive Capacity = RDC.**  
The load factor...  
1. Input HP or kW.  
2. Output (gearbox) or KW.  
3. Service factor.

**Determine reducer size.**  
RDC = MAXIMUM OF 1, 2 OR 3 MULTIPLIED BY THE SERVICE FACTOR.

**Mechanical rating must be greater than RDC.**

**Check for peak load.**  
Check for peak load in start and when running.  
Maximum overload 200%.  
200% of rated power rating up to 10 times per hour.

**2. THERMAL CHECK**

**Determine temperature correction factor.**  
The ambient temperature...  
1. Ambient temperature above reducer.  
2. Ambient of the installation.

**Calculate required thermal capacity = RTC.**  
RTC = RDC / Temperature correction factor.

**Check thermal rating of Reducer Thermal Rating > RTC.**  
(Available for unit must be equipped with additional cooling)

**3. OVERLOADING LOAD CHECK**

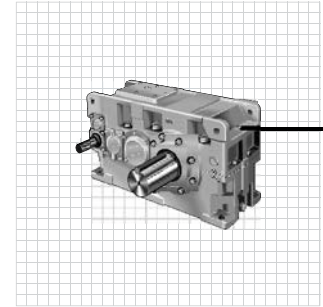
**A. Determine overloading factors.**  
1. Load correction factor LT.  
2. Load factor factor LF.

**B. Determine equivalent radial load.**  
Equip. rad. load = Actual rad. load x LF x LT.

**C. Check overloading load rating.**  
Equip. rad. load < Allowable rad. load.

**D. Check Thrust load rating.**  
Actual Thrust < Allowable Thrust.

## PARALLEL SHAFT Double Reduction



### P2 Product Line

#### RATING TABLES DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

EXACT RATIOS													
Shaft Size	Shaft Speed (rpm)	Shaft Diameter (mm)											
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1.5 - 4	1500	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
	1800	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
20	1500	150	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
	1800	150	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
11.2 - 20	1500	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	1800	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
20 - 25	1500	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	1800	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
25 - 30	1500	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
	1800	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
30 - 40	1500	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	1800	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
35 - 45	1500	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300
	1800	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300

NOTE: The allowable overloading loads shown in these tables apply to loading in the middle of the high speed shaft extension. For other loading, consult factory.

### P2 Product Line

#### RATING TABLES DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

MECHANICAL RATING - S.F. 1.0													
Shaft Size	Shaft Speed (rpm)	Shaft Diameter (mm)											
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1.5 - 4	1500	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
	1800	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
20	1500	150	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
	1800	150	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
11.2 - 20	1500	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	1800	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
20 - 25	1500	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	1800	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
25 - 30	1500	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
	1800	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
30 - 40	1500	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	1800	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
35 - 45	1500	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300
	1800	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300

NOTE: The allowable overloading loads shown in these tables apply to loading in the middle of the high speed shaft extension. For other loading, consult factory.



**RATING TABLES** DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

**TORQUE RATING - S.F. 1.0**

Shaft Size [inches]	Shaft Size [mm]	Shaft Material Properties														
		Steel	Aluminum	Cast Iron	Brass	Copper	Stainless Steel	Titanium	Inconel	Monel	Nickel	Other	Other			
0.1	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Shaft Size [inches]	Shaft Size [mm]	Shaft Material Properties														
		Steel	Aluminum	Cast Iron	Brass	Copper	Stainless Steel	Titanium	Inconel	Monel	Nickel	Other	Other			
0.1	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**RATING TABLES** DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

**THERMAL RATINGS - HORIZONTAL**

Shaft Size [inches]	Shaft Size [mm]	Shaft Material Properties														
		Steel	Aluminum	Cast Iron	Brass	Copper	Stainless Steel	Titanium	Inconel	Monel	Nickel	Other	Other			
0.1	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Shaft Size [inches]	Shaft Size [mm]	Shaft Material Properties														
		Steel	Aluminum	Cast Iron	Brass	Copper	Stainless Steel	Titanium	Inconel	Monel	Nickel	Other	Other			
0.1	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

NOTE 1: Shaft thermal ratings are based upon 70°F ambient temperature. For other ambient temperatures see text.  
NOTE 2: For gear speeds beyond the gear chart, refer to the gear catalog for information.

**RATING TABLES** DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

**THERMAL RATINGS - VERTICAL**

Shaft Size [inches]	Shaft Size [mm]	Shaft Material Properties														
		Steel	Aluminum	Cast Iron	Brass	Copper	Stainless Steel	Titanium	Inconel	Monel	Nickel	Other	Other			
0.1	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

NOTE 1: Shaft thermal ratings are based upon 70°F ambient temperature. For other ambient temperatures see text.  
NOTE 2: For gear speeds beyond the gear chart, refer to the gear catalog for information.

**AMBIENT TEMPERATURE FACTOR FOR THERMAL HP RATINGS - Ta**

Thermal horsepower ratings calculated in the rating tables are based on a 70°F ambient temperature. For other ambient temperatures, an ambient temperature correction factor must be applied.

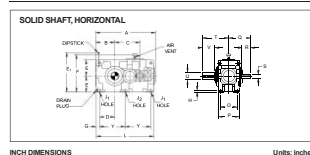
Ambient Temperature [°F]	Ambient Temperature [°C]	Correction Factor
70	21.1	1.00
80	26.7	0.95
90	32.2	0.90
100	37.8	0.85
110	43.3	0.80
120	48.9	0.75
130	54.4	0.70
140	60.0	0.65
150	65.6	0.60
160	71.1	0.55
170	76.7	0.50
180	82.2	0.45
190	87.8	0.40
200	93.3	0.35
210	98.9	0.30
220	104.4	0.25
230	110.0	0.20
240	115.6	0.15
250	121.1	0.10
260	126.7	0.05
270	132.2	0.00
280	137.8	0.00
290	143.3	0.00
300	148.9	0.00

**ALTITUDE FACTOR Th**

Thermal ratings are valid for installations from sea level to 2000 ft A.S.L. For other altitudes, adjust thermal ratings per factor Th.

Altitude [ft]	Altitude [m]	Correction Factor
0	0	1.00
1000	305	0.95
2000	610	0.90
3000	914	0.85
4000	1219	0.80
5000	1524	0.75
6000	1829	0.70
7000	2134	0.65
8000	2438	0.60
9000	2743	0.55
10000	3048	0.50

**DIMENSIONS** DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT



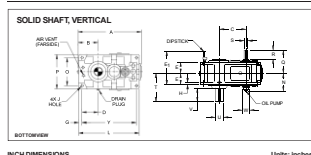
**INCH DIMENSIONS** Units: inches

Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0.1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

**METRIC DIMENSIONS** Units: mm

Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

**DIMENSIONS** DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT



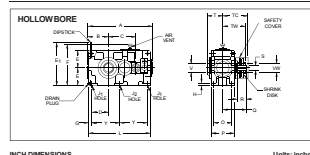
**INCH DIMENSIONS** Units: inches

Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0.1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

**METRIC DIMENSIONS** Units: mm

Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

**DIMENSIONS** DOUBLE REDUCTION PARALLEL SHAFT



**INCH DIMENSIONS** Units: inches

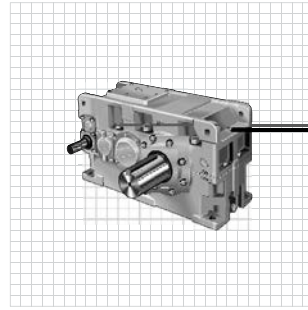
Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0.1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

**METRIC DIMENSIONS** Units: mm

Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
0.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5



PARALLEL SHAFT  
Triple Reduction



P3 Exact Ratio Output Speed

RATING TABLES TRIPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

EXACT RATIOS: 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/8, 1/10, 1/15, 1/20, 1/30, 1/40, 1/50, 1/60, 1/80, 1/100. NERTIA - WR Units: kg-m². NERTIA - mR Units: kg-m². Includes detailed tables of performance metrics for various motor sizes and gear ratios.

Mechanical Rating P3

RATING TABLES TRIPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

MECHANICAL RATING - S.F. 1.0 Units: hp. Includes detailed tables of performance metrics for various motor sizes and gear ratios, including torque and speed ratings.

P3 Mechanical Rating

RATING TABLES TRIPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

MECHANICAL RATING - S.F. 1.0 Units: kW. Includes detailed tables of performance metrics for various motor sizes and gear ratios, including torque and speed ratings.

Torque Rating P3

RATING TABLES TRIPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

TORQUE RATING - S.F. 1.0 Units: 1000 in.-lbs. Includes detailed tables of performance metrics for various motor sizes and gear ratios, including torque and speed ratings.

RATING TABLES TRIPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

Table with columns for Torque Rating - S.F. 1.0, Units: kNm, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

RATING TABLES TRIPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

Table with columns for Thermal Ratings - Horizontal, Units: hp, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

NOTES: 1. Given shaft rating on basis of 200 F ambient temperature... AMBIENT TEMPERATURE FACTOR FOR THERMAL HP RATINGS: Ta... ALTITUDE FACTOR: H, A.S.L. For other altitudes adjust thermal rating per factor %.

RATING TABLES TRIPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

Table with columns for Thermal Ratings - Horizontal, Units: kW, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

NOTES: 1. Given shaft rating on basis of 70 C ambient temperature... AMBIENT TEMPERATURE FACTOR FOR THERMAL kW RATINGS: Ta... ALTITUDE FACTOR: H, A.S.L. For other altitudes adjust thermal rating per factor %.

RATING TABLES TRIPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

Table with columns for Thermal Ratings - Vertical, Units: hp, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

NOTES: 1. Given shaft rating on basis of 200 F ambient temperature... AMBIENT TEMPERATURE FACTOR FOR THERMAL HP RATINGS: Ta... ALTITUDE FACTOR: H, A.S.L. For other altitudes adjust thermal rating per factor %.

DIMENSIONS TRIPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

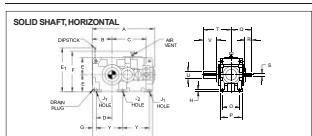


Table with columns for Inch Dimensions, Units: inches, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

Table with columns for Metric Dimensions, Units: mm, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

DIMENSIONS TRIPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT

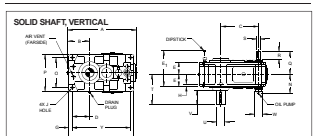
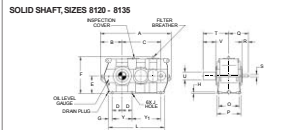


Table with columns for Inch Dimensions, Units: inches, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

Table with columns for Metric Dimensions, Units: mm, and various gear ratios (20:1, 25:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1).

**DIMENSIONS**      TRIPLE REDUCTION      PARALLEL SHAFT



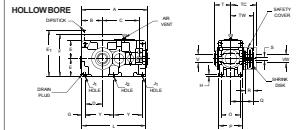
**INCH DIMENSIONS**      Units: inches

Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
#120	0.750	0.875	1.000	1.125	1.250	1.375	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000
#125	0.875	1.000	1.125	1.250	1.375	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125
#130	1.000	1.125	1.250	1.375	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125	3.250
#135	1.125	1.250	1.375	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125	3.250	3.375

**METRIC DIMENSIONS**      Units: mm

Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
#120	19.05	22.23	25.40	28.57	31.75	34.92	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20
#125	22.23	25.40	28.57	31.75	34.92	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37
#130	25.40	28.57	31.75	34.92	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37	82.55
#135	28.57	31.75	34.92	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37	82.55	85.72

**DIMENSIONS**      TRIPLE REDUCTION      PARALLEL SHAFT



**INCH DIMENSIONS**      Units: inches

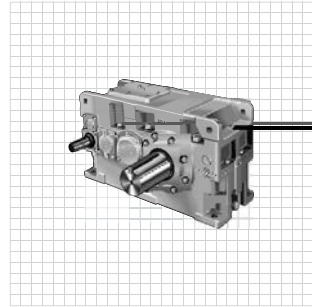
Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
#140	1.250	1.375	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125	3.250	3.375	3.500
#145	1.375	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125	3.250	3.375	3.500	3.625
#150	1.500	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125	3.250	3.375	3.500	3.625	3.750
#155	1.625	1.750	1.875	2.000	2.125	2.250	2.375	2.500	2.625	2.750	2.875	3.000	3.125	3.250	3.375	3.500	3.625	3.750	3.875

**METRIC DIMENSIONS**      Units: mm

Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
#140	31.75	34.92	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37	82.55	85.72	88.90
#145	34.92	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37	82.55	85.72	88.90	92.07
#150	38.10	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37	82.55	85.72	88.90	92.07	95.25
#155	41.27	44.45	47.62	50.80	53.97	57.15	60.32	63.50	66.67	69.85	73.02	76.20	79.37	82.55	85.72	88.90	92.07	95.25	98.42



**PARALLEL SHAFT**  
**Quadruple Reduction**



**RATING TABLES**      QUADRUPLE REDUCTION      PARALLEL SHAFT

**EXACT RATINGS**

Series	Mechanical Rating (hp)																		
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	125
#120	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05
#125	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
#130	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15
#135	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20

**NERTA - WR**

Series	Mechanical Rating (hp)																		
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	125
#120	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05
#125	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
#130	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15
#135	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20

**RATING TABLES**      QUADRUPLE REDUCTION      PARALLEL SHAFT

**MECHANICAL RATING - S.F. 1.0**

Series	Mechanical Rating (hp)																		
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	125
#140	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
#145	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15
#150	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20
#155	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25

1. For ratings of gear speeds higher than 1000 RPM and for smaller gear applications, consult the factory.  
2. For ratings of gear speeds higher than 1000 RPM and for smaller gear applications, consult the factory.

RATING TABLES QUADRUPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

Mechanical Rating - S.F. 1.0 Units: kW. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

NOTES: 1. Motor ratings in kW are based on 400V, 50Hz, 3-phase supply. 2. For input speeds between the given values, obtain the thermal rating by interpolation.

RATING TABLES QUADRUPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

Torque Rating Tables - S.F. 1.0 Units: 1000 In.-Lb. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

RATING TABLES QUADRUPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

Torque Rating Tables - S.F. 1.0 Units: kWm. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

RATING TABLES QUADRUPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

Thermal Ratings - Horizontal. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

Thermal Ratings - Vertical. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

NOTES: 1. Obtain thermal rating and input speed at 400V, 50Hz, 3-phase supply. 2. For input speeds between the given values, obtain the thermal rating by interpolation.

RATING TABLES QUADRUPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT

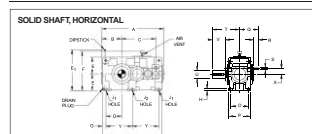
Thermal Ratings - Vertical. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

NOTES: 1. Obtain thermal rating and input speed at 400V, 50Hz, 3-phase supply. 2. For input speeds between the given values, obtain the thermal rating by interpolation.

AMBIENT TEMPERATURE FACTOR FOR THERMAL HP RATINGS: Ta. Thermal hp ratings are based on 40°C ambient temperature. For other ambient temperatures, an ambient thermal horsepower rating should be calculated as follows: Ambient Thermal HP = Thermal Rating x Ta.

Table with columns for Ambient Temperature (°C), Ambient Temperature (°F), and Ambient Thermal Horsepower Factor (Ta).

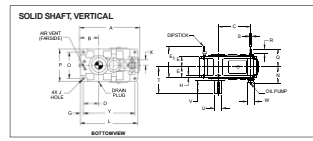
DIMENSIONS QUADRUPLEREDUCTION PARALLEL SHAFT



INCH DIMENSIONS Units: inches. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

METRIC DIMENSIONS Units: mm. Table with columns for Motor Rating, Gear Ratio, and various shaft sizes (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100).

DIMENSIONS QUADRUPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT



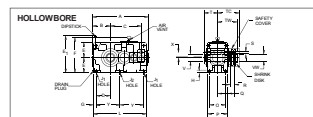
INCH DIMENSIONS Units: inches

Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	JJ	JK	JK	KL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	VW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YY	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

METRIC DIMENSIONS Units: mm

Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	JJ	JK	JK	KL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	VW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YY	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

DIMENSIONS QUADRUPLE REDUCTION PARALLEL SHAFT



INCH DIMENSIONS Units: inches

Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

RATING TABLES DOUBLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

TORQUE RATINGS - S.F. 1.0

Pitch Diameter	Shaft Diameter	Pressure Angle (Degrees)																			
		14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20								
4.0	3.0	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4

RATING TABLES DOUBLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

THERMAL RATINGS - HORIZONTAL

Pitch Diameter	Shaft Diameter	Pressure Angle (Degrees)																			
		14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20								
4.0	3.0	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4

NOTE: 1. Gear materials are assumed to be 20Cr2Ni2Mo. 2. All values are based on a 2000 psi ultimate strength. 3. For other materials, adjust thermal ratings per factor 'k'. 4. For other altitudes, adjust thermal ratings per factor 'h'. 5. Ambient temperature is assumed to be 70°F (21°C). 6. For other ambient temperatures, an adjusted thermal horsepower rating should be calculated. 7. For other shaft diameters, adjust thermal ratings per factor 'd'. Adjusted Thermal HP = Rated Thermal HP x k x h x d.

Ambient Temperature	Altitude Factor	Shaft Diameter Factor	Altitude Factor	
			Altitude	Temperature
2000	1.00	1.00	1.00	1.00
3000	0.90	1.00	0.95	0.95
4000	0.80	1.00	0.90	0.90

RATING TABLES DOUBLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

THERMAL RATINGS - VERTICAL

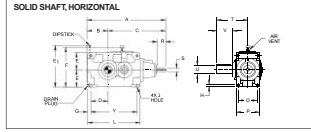
Pitch Diameter	Shaft Diameter	Pressure Angle (Degrees)																			
		14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20								
4.0	3.0	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4

NOTE: 1. Gear materials are assumed to be 20Cr2Ni2Mo. 2. All values are based on a 2000 psi ultimate strength. 3. For other materials, adjust thermal ratings per factor 'k'. 4. For other altitudes, adjust thermal ratings per factor 'h'. 5. Ambient temperature is assumed to be 70°F (21°C). 6. For other ambient temperatures, an adjusted thermal horsepower rating should be calculated. 7. For other shaft diameters, adjust thermal ratings per factor 'd'. Adjusted Thermal HP = Rated Thermal HP x k x h x d.

Ambient Temperature	Altitude Factor	Shaft Diameter Factor	Altitude Factor	
			Altitude	Temperature
2000	1.00	1.00	1.00	1.00
3000	0.90	1.00	0.95	0.95
4000	0.80	1.00	0.90	0.90

DIMENSIONS DOUBLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

SOLID SHAFT, HORIZONTAL



INCH DIMENSIONS Units: inches

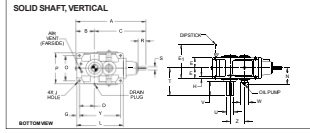
Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Series 1	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0

METRIC DIMENSIONS Units: mm

Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Series 1	38	41	44	46	48	51	53	56	58	61	64	67	70	73	76	79	82	85	88	91	94	97	100	103	106	109	112

DIMENSIONS DOUBLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

SOLID SHAFT, VERTICAL



INCH DIMENSIONS Units: inches

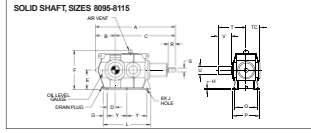
Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Series 1	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0

METRIC DIMENSIONS Units: mm

Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Series 1	38	41	44	46	48	51	53	56	58	61	64	67	70	73	76	79	82	85	88	91	94	97	100	103	106	109	112

DIMENSIONS DOUBLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

SOLID SHAFT, SIZES 6095-6115



INCH DIMENSIONS Units: inches

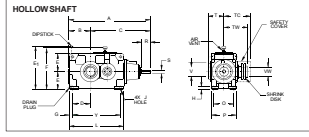
Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Series 1	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0

METRIC DIMENSIONS Units: mm

Series	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Series 1	38	41	44	46	48	51	53	56	58	61	64	67	70	73	76	79	82	85	88	91	94	97	100	103	106	109	112

**R2** Right Angle  
Spiral Bevel

**DIMENSIONS** DOUBLE REDUCTION **RIGHT ANGLE  
SPIRAL BEVEL**



**INCH DIMENSIONS** Units: inches

MOUNTING	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
150	10.0	14.0	20.0	26.0	36.0	48.0	60.0	75.0	90.0	110.0	135.0	165.0	200.0	240.0	290.0	350.0	420.0	500.0	600.0	720.0	870.0	1050.0	1260.0	1500.0	1770.0	
200	12.0	18.0	25.0	33.0	45.0	60.0	75.0	95.0	120.0	145.0	180.0	220.0	270.0	330.0	400.0	480.0	570.0	670.0	780.0	900.0	1080.0	1300.0	1560.0	1860.0	2200.0	
250	15.0	22.0	30.0	40.0	55.0	75.0	95.0	125.0	155.0	190.0	235.0	290.0	360.0	440.0	530.0	630.0	740.0	860.0	990.0	1140.0	1320.0	1560.0	1860.0	2220.0	2640.0	
315	18.0	27.0	38.0	50.0	70.0	95.0	125.0	165.0	205.0	245.0	300.0	370.0	450.0	550.0	660.0	780.0	910.0	1050.0	1210.0	1390.0	1620.0	1920.0	2300.0	2760.0	3240.0	
400	22.0	33.0	45.0	60.0	85.0	115.0	150.0	200.0	250.0	300.0	370.0	460.0	570.0	690.0	820.0	960.0	1110.0	1280.0	1470.0	1680.0	1920.0	2280.0	2760.0	3300.0	3900.0	
500	27.0	40.0	55.0	75.0	105.0	145.0	190.0	250.0	310.0	370.0	460.0	570.0	700.0	840.0	1000.0	1170.0	1360.0	1570.0	1800.0	2070.0	2400.0	2880.0	3480.0	4140.0	4860.0	
630	33.0	50.0	70.0	95.0	135.0	185.0	240.0	310.0	380.0	460.0	570.0	700.0	850.0	1020.0	1210.0	1410.0	1630.0	1870.0	2140.0	2460.0	2880.0	3480.0	4140.0	4860.0	5760.0	
800	40.0	60.0	85.0	115.0	165.0	225.0	290.0	370.0	450.0	540.0	660.0	800.0	970.0	1160.0	1370.0	1590.0	1830.0	2100.0	2400.0	2820.0	3360.0	4020.0	4740.0	5580.0	6480.0	
1000	50.0	75.0	110.0	150.0	210.0	285.0	370.0	460.0	560.0	670.0	810.0	980.0	1180.0	1400.0	1630.0	1880.0	2160.0	2460.0	2880.0	3420.0	4080.0	4800.0	5640.0	6540.0	7560.0	
1250	60.0	90.0	135.0	185.0	260.0	350.0	450.0	560.0	670.0	800.0	980.0	1180.0	1420.0	1670.0	1930.0	2220.0	2520.0	2940.0	3540.0	4200.0	5040.0	5940.0	6900.0	7980.0	9180.0	
1600	75.0	115.0	175.0	240.0	330.0	440.0	560.0	680.0	820.0	1000.0	1200.0	1420.0	1680.0	1950.0	2260.0	2580.0	2940.0	3480.0	4140.0	4920.0	5820.0	6840.0	7920.0	9120.0	10440.0	
2000	95.0	145.0	225.0	305.0	410.0	530.0	660.0	800.0	960.0	1160.0	1380.0	1620.0	1900.0	2200.0	2520.0	2860.0	3240.0	3780.0	4440.0	5280.0	6240.0	7320.0	8460.0	9720.0	11160.0	
2500	120.0	185.0	285.0	385.0	510.0	650.0	800.0	980.0	1180.0	1420.0	1680.0	1960.0	2300.0	2640.0	3000.0	3360.0	3840.0	4440.0	5160.0	6000.0	7020.0	8160.0	9360.0	10740.0	12300.0	
3150	150.0	235.0	365.0	485.0	640.0	800.0	980.0	1180.0	1420.0	1700.0	2000.0	2320.0	2700.0	3100.0	3480.0	3900.0	4440.0	5100.0	5880.0	6840.0	7980.0	9240.0	10620.0	12120.0	13740.0	
4000	180.0	285.0	445.0	585.0	760.0	940.0	1140.0	1380.0	1660.0	1960.0	2300.0	2640.0	3040.0	3460.0	3900.0	4380.0	4920.0	5580.0	6360.0	7320.0	8460.0	9720.0	11160.0	12660.0	14400.0	
5000	220.0	355.0	555.0	735.0	950.0	1160.0	1400.0	1700.0	2000.0	2320.0	2700.0	3100.0	3520.0	3980.0	4480.0	5040.0	5640.0	6300.0	7200.0	8280.0	9480.0	10860.0	12360.0	13980.0	15720.0	
6300	270.0	445.0	695.0	915.0	1180.0	1420.0	1720.0	2040.0	2380.0	2760.0	3200.0	3640.0	4100.0	4580.0	5100.0	5640.0	6240.0	6900.0	7800.0	8940.0	10200.0	11580.0	13080.0	14760.0	16620.0	
8000	330.0	555.0	855.0	1115.0	1440.0	1760.0	2100.0	2460.0	2860.0	3320.0	3800.0	4280.0	4800.0	5340.0	5900.0	6480.0	7080.0	7740.0	8540.0	9540.0	10740.0	12060.0	13560.0	15180.0	16980.0	
10000	400.0	695.0	1065.0	1385.0	1800.0	2180.0	2560.0	3000.0	3480.0	3980.0	4520.0	5080.0	5660.0	6260.0	6880.0	7500.0	8160.0	8840.0	9600.0	10500.0	11580.0	12780.0	14040.0	15480.0	17280.0	
12500	500.0	875.0	1325.0	1705.0	2200.0	2620.0	3100.0	3580.0	4100.0	4640.0	5200.0	5780.0	6380.0	7000.0	7640.0	8280.0	8940.0	9600.0	10320.0	11040.0	11880.0	12840.0	13860.0	14940.0	16380.0	
16000	630.0	1105.0	1665.0	2145.0	2740.0	3240.0	3760.0	4300.0	4860.0	5440.0	6040.0	6660.0	7300.0	7940.0	8600.0	9240.0	9880.0	10540.0	11200.0	11880.0	12580.0	13260.0	13980.0	14740.0	15780.0	
20000	800.0	1405.0	2145.0	2805.0	3460.0	4080.0	4700.0	5340.0	6000.0	6640.0	7300.0	7980.0	8680.0	9380.0	10080.0	10780.0	11480.0	12140.0	12780.0	13440.0	14080.0	14740.0	15420.0	16120.0	16980.0	
25000	1000.0	1805.0	2765.0	3605.0	4360.0	5080.0	5780.0	6480.0	7180.0	7860.0	8560.0	9260.0	9980.0	10640.0	11280.0	11880.0	12480.0	13040.0	13580.0	14080.0	14580.0	15060.0	15540.0	16040.0	16560.0	
31500	1250.0	2255.0	3465.0	4505.0	5380.0	6200.0	6980.0	7740.0	8480.0	9180.0	9880.0	10580.0	11280.0	11920.0	12480.0	12980.0	13440.0	13840.0	14180.0	14540.0	14880.0	15180.0	15480.0	15780.0	16080.0	
40000	1600.0	2855.0	4405.0	5705.0	6720.0	7640.0	8480.0	9240.0	9940.0	10580.0	11180.0	11740.0	12240.0	12680.0	13080.0	13440.0	13740.0	14000.0	14180.0	14380.0	14540.0	14680.0	14780.0	14840.0	14880.0	
50000	2000.0	3605.0	5605.0	7205.0	8320.0	9340.0	10180.0	10840.0	11440.0	11940.0	12440.0	12840.0	13180.0	13440.0	13640.0	13780.0	13840.0	13880.0	13880.0	13840.0	13780.0	13680.0	13540.0	13360.0	13140.0	
63000	2500.0	4505.0	7005.0	8905.0	10120.0	11140.0	11880.0	12440.0	12880.0	13240.0	13540.0	13780.0	13980.0	14140.0	14240.0	14280.0	14280.0	14240.0	14180.0	14080.0	13940.0	13760.0	13540.0	13280.0	13000.0	
80000	3150.0	5605.0	8605.0	10905.0	12240.0	13140.0	13880.0	14380.0	14780.0	15040.0	15240.0	15380.0	15480.0	15540.0	15540.0	15480.0	15380.0	15240.0	15080.0	14840.0	14540.0	14200.0	13820.0	13400.0	12940.0	
100000	4000.0	7005.0	10605.0	13505.0	15040.0	15840.0	16480.0	16880.0	17140.0	17280.0	17380.0	17440.0	17480.0	17480.0	17440.0	17380.0	17280.0	17140.0	16880.0	16540.0	16140.0	15680.0	15180.0	14640.0	14060.0	

**METRIC DIMENSIONS** Units: mm

MOUNTING	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
150	254	354	508	660	914	1219	1524	1905	2286	2794	3427	4165	5080	6096	7366	8763	10294	11968	13783	15848	18288	21144	24414	28104	32214	
200	305	457	635	838	1118	1495	1905	2413	3046	3711	4479	5364	6468	7794	9351	11049	12888	14868	16988	19348	22044	25084	28474	32214	36304	
250	381	559	762	1016	1378	1854	2413	3127	3913	4713	5613	6613	7813	9213	10813	12513	14313	16213	18213	20313	22613	25213	28013	31013	34213	
315	457	686	914	1219	1651	2160	2813	3613	4479	5364	6364	7464	8764	10264	11964	13864	15864	17964	20164	22464	25064	27964	31064	34264	37664	
400	559	838	1118	1524	2033	2713	3467	4413	5413	6413	7513	8713	10013	11413	13013	14713	16513	18413	20413	22413	24613	27013	29613	32413	35413	
500	711	1092	1465	1954	2603	3378	4267	5313	6413	7513	8713	10013	11413	13013	14713	16513	18413	20413	22413	24613	27013	29613	32413	35413	38613	
630	889	1345	1813	2413	3163	4083	5067	6213	7413	8713	10013	11413	13013	14713	16513	18413	20413	22413	24613	27013	29613	32413	35413	38613	41813	
800	1118	1676	2234	2927	3813	4883	5967	7213	8513	9813	11213	12713	14313	16013	17813	19613	21413	23413	25413	27413	29613	31813	34213	36613	39013	
1000	1413	2133																								



**R3** Triple Reduction Right Angle Spiral Bevel

**RATING TABLES** TRIPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

TORQUE RATINGS - S.F. 1.0 Units: kNm

Shaft Size	Gear Size	Shaft Ratings (kNm)														
		20:1	25:1	30:1	35:1	40:1	45:1	50:1	55:1	60:1	65:1	70:1	75:1	80:1	85:1	90:1
20	30	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4
	45	21.0	19.0	17.0	15.0	14.0	12.0	10.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
25	35	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.8	0.6
	60	24.0	22.0	20.0	18.0	17.0	15.0	13.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
30	40	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
	75	27.0	25.0	23.0	21.0	20.0	18.0	16.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0
35	45	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0
	90	29.0	27.0	25.0	23.0	22.0	20.0	18.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0
40	50	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0
	105	31.0	29.0	27.0	25.0	24.0	22.0	20.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0
45	55	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0
	120	33.0	31.0	29.0	27.0	26.0	24.0	22.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0
50	60	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0
	135	35.0	33.0	31.0	29.0	28.0	26.0	24.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0
55	65	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0
	150	37.0	35.0	33.0	31.0	30.0	28.0	26.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0
60	70	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0
	165	39.0	37.0	35.0	33.0	32.0	30.0	28.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0
65	75	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0
	180	41.0	39.0	37.0	35.0	34.0	32.0	30.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0
70	80	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0
	195	43.0	41.0	39.0	37.0	36.0	34.0	32.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0
75	85	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0
	210	45.0	43.0	41.0	39.0	38.0	36.0	34.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0
80	90	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0
	225	47.0	45.0	43.0	41.0	40.0	38.0	36.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0
85	95	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0
	240	49.0	47.0	45.0	43.0	42.0	40.0	38.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0
90	100	39.0	38.0	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0
	255	51.0	49.0	47.0	45.0	44.0	42.0	40.0	38.0	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0

70

**R3** Triple Reduction Right Angle Spiral Bevel

**RATING TABLES** TRIPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

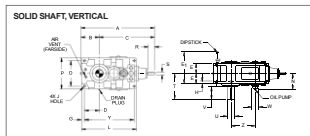
THERMAL RATINGS - VERTICAL Units: kNm

Shaft Size	Gear Size	Shaft Ratings (kNm)														
		20:1	25:1	30:1	35:1	40:1	45:1	50:1	55:1	60:1	65:1	70:1	75:1	80:1	85:1	90:1
20	30	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4
	45	21.0	19.0	17.0	15.0	14.0	12.0	10.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
25	35	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.8	0.6
	60	24.0	22.0	20.0	18.0	17.0	15.0	13.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
30	40	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
	75	27.0	25.0	23.0	21.0	20.0	18.0	16.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0
35	45	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0
	90	29.0	27.0	25.0	23.0	22.0	20.0	18.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0
40	50	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0
	105	31.0	29.0	27.0	25.0	24.0	22.0	20.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0
45	55	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0
	120	33.0	31.0	29.0	27.0	26.0	24.0	22.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0
50	60	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0
	135	35.0	33.0	31.0	29.0	28.0	26.0	24.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0
55	65	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0
	150	37.0	35.0	33.0	31.0	30.0	28.0	26.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0
60	70	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0
	165	39.0	37.0	35.0	33.0	32.0	30.0	28.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0
65	75	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0
	180	41.0	39.0	37.0	35.0	34.0	32.0	30.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0
70	80	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0
	195	43.0	41.0	39.0	37.0	36.0	34.0	32.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0
75	85	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0
	210	45.0	43.0	41.0	39.0	38.0	36.0	34.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0
80	90	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0
	225	47.0	45.0	43.0	41.0	40.0	38.0	36.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0
85	95	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0	24.0	23.0
	240	49.0	47.0	45.0	43.0	42.0	40.0	38.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0
90	100	39.0	38.0	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0
	255	51.0	49.0	47.0	45.0	44.0	42.0	40.0	38.0	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0	32.0	31.0

72

**R3** Triple Reduction Right Angle Spiral Bevel

**DIMENSIONS** TRIPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

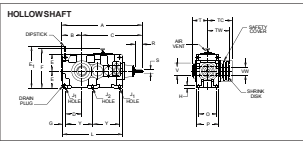


INCH DIMENSIONS Units: inches

Shaft Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
20	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
25	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
30	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
35	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
40	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
45	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
50	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
55	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
60	6.0	6.0	6.0	6.0	6.																					

**R3** Mini-Step  
Mechanical Rating

**DIMENSIONS**      **TRIPLEREDUCTION**      **RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL**



**INCH DIMENSIONS**      Units: inches

Ratio	Input Shaft									Output Shaft								
	Shaft Dia	Key Dia	Key Width	Key Height	Shaft Length	Shaft Dia	Key Dia	Key Width	Key Height	Shaft Length	Shaft Dia	Key Dia	Key Width	Key Height	Shaft Length			
1:1	0.75	0.3125	0.125	0.0625	1.125	0.75	0.3125	0.125	0.0625	1.125	0.75	0.3125	0.125	0.0625	1.125			

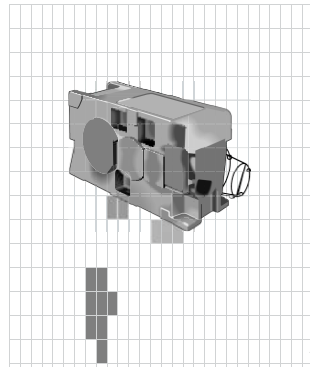
**METRIC DIMENSIONS**      Units: mm

Ratio	Input Shaft									Output Shaft								
	Shaft Dia	Key Dia	Key Width	Key Height	Shaft Length	Shaft Dia	Key Dia	Key Width	Key Height	Shaft Length	Shaft Dia	Key Dia	Key Width	Key Height	Shaft Length			
1:1	19.05	7.9375	3.175	1.5875	28.575	19.05	7.9375	3.175	1.5875	28.575	19.05	7.9375	3.175	1.5875	28.575			

75



**RIGHT ANGLE**  
**Quadruple Reduction**



77

**R4** Exact Ratio  
Mechanical Rating

**RATING TABLES**      **QUADRUPLE REDUCTION**      **RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL**

**EXACT RATIOS**

Ratio	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0
1:1	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0

**NERTM - WSP**      Units: lb-in

Ratio	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0
1:1	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0

**NERTM - mN**      Units: kg-cm

Ratio	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0
1:1	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0

76

**R4** Mechanical Rating

**RATING TABLES**      **QUADRUPLE REDUCTION**      **RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL**

**MECHANICAL RATINGS - S.F. 1.0**      Units: hp

Ratio	Shaft Dia	Output Shaft Torque																
		1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0
1:1	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0

Notes: 1. Select the shaft diameter for the required gear torque. The shaft diameter should be determined according to the appropriate standards. 2. When the shaft diameter is not specified, the shaft diameter should be determined according to the appropriate standards. 3. For ratings of input shafts higher than 1000 HP, contact the factory for special applications and technical data.

78

**R4** Mechanical Rating

**RATING TABLES**      **QUADRUPLE REDUCTION**      **RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL**

**MECHANICAL RATINGS - S.F. 1.0**      Units: kW

Ratio	Shaft Dia	Output Shaft Torque																
		1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0
1:1	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0

Notes: 1. Select the shaft diameter for the required gear torque. The shaft diameter should be determined according to the appropriate standards. 2. When the shaft diameter is not specified, the shaft diameter should be determined according to the appropriate standards. 3. For ratings of input shafts higher than 1000 kW, contact the factory for special applications and technical data.

80

**R4** Mechanical Rating

**RATING TABLES**      **QUADRUPLE REDUCTION**      **RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL**

**TORQUE RATINGS - S.F. 1.0**      Units: 1000 in.-lbs.

Ratio	Shaft Dia	Output Shaft Torque																
		1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0
1:1	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0

Notes: 1. Select the shaft diameter for the required gear torque. The shaft diameter should be determined according to the appropriate standards. 2. When the shaft diameter is not specified, the shaft diameter should be determined according to the appropriate standards. 3. For ratings of input shafts higher than 1000 in.-lbs, contact the factory for special applications and technical data.

81

R4 Torque Ratings  
RATING TABLES QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

TORQUE RATINGS - SF, 1.0

Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and Torque (lb-ft, Nm) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

52

R4 Torque Ratings  
RATING TABLES QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

THERMAL RATINGS - HORIZONTAL

Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and Thermal Rating (lb-ft, Nm) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

53

R4 Torque Ratings  
RATING TABLES QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

THERMAL RATINGS - VERTICAL

Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and Thermal Rating (lb-ft, Nm) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

54

R4 Torque Ratings  
DIMENSIONS QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

SOLID SHAFT, HORIZONTAL

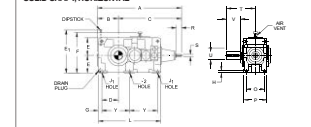


Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and InCH Dimensions (A-Z) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and METRIC DIMENSIONS (A-Z) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

55

R4 Torque Ratings  
DIMENSIONS QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

SOLID SHAFT, VERTICAL

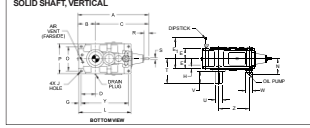


Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and InCH DIMENSIONS (A-Z) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and METRIC DIMENSIONS (A-Z) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

56

R4 Torque Ratings  
DIMENSIONS QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

SOLID SHAFT, SIZES #120-#135

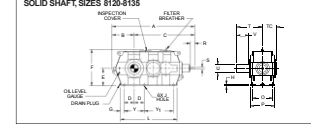


Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and InCH DIMENSIONS (A-Z) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

Table with columns for Input Speed (rpm), Output Speed (rpm), and METRIC DIMENSIONS (A-Z) for various gear ratios (1:1 to 1:64).

57

DIMENSIONS QUADRUPLE REDUCTION RIGHT ANGLE SPIRAL BEVEL

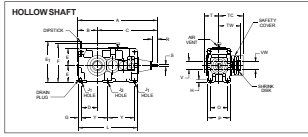
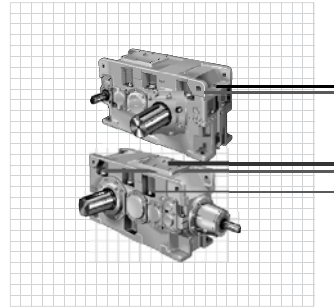


Table with columns: Unit, Shaft Diameter, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z. Title: INCH DIMENSIONS Units: inches

Table with columns: Unit, Shaft Diameter, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z. Title: METRIC DIMENSIONS Units: mm

SUPPLEMENTARY DIMENSIONS



KEY DIMENSIONS - WIDTH x HEIGHT x LENGTH SIZES 8015-8085

Table with columns: Unit, Shaft Diameter, W, H, L, W1, H1, L1, W2, H2, L2, W3, H3, L3, W4, H4, L4, W5, H5, L5, W6, H6, L6, W7, H7, L7, W8, H8, L8. Title: KEY DIMENSIONS - WIDTH x HEIGHT x LENGTH SIZES 8015-8085

Table with columns: Unit, Shaft Diameter, W, H, L, W1, H1, L1, W2, H2, L2, W3, H3, L3, W4, H4, L4, W5, H5, L5, W6, H6, L6, W7, H7, L7, W8, H8, L8. Title: SHAFY END TAPPED HOLES - FAST - STANDARD COUPLERS

KEY DIMENSIONS - WIDTH x HEIGHT x LENGTH SIZES 8090-8135

Table with columns: Unit, Shaft Diameter, W, H, L, W1, H1, L1, W2, H2, L2, W3, H3, L3, W4, H4, L4, W5, H5, L5, W6, H6, L6, W7, H7, L7, W8, H8, L8. Title: KEY DIMENSIONS - WIDTH x HEIGHT x LENGTH SIZES 8090-8135

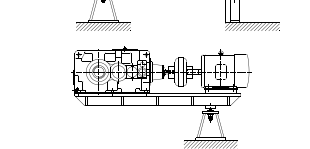
Table with columns: Unit, Shaft Diameter, W, H, L, W1, H1, L1, W2, H2, L2, W3, H3, L3, W4, H4, L4, W5, H5, L5, W6, H6, L6, W7, H7, L7, W8, H8, L8. Title: SHAFY END TAPPED HOLES - FAST - STANDARD COUPLERS

PARAMAX HOLLOW SHAFT DESIGN

Features
PARAMAX 18" Type reducers have a number of outstanding features compared to conventional solid shaft reducers.
1. There is no need for a large radial clamping that prevents torque arm and a substantial cast reducer head.
2. The reducer can be mounted directly onto the drive machine shaft, eliminating the need for expensive foundation for the speed reducer or accuracy of the alignment.
3. For normal conditions with horizontal shafts, standard components are utilized, ensuring ready availability of parts.

How to install the reducer
A. Torque Arm (option)
The hollow shaft type Paramax 8 is secured with a torque arm to prevent rotation of the gearbox under load. The torque arm is subjected to a compressive or tensile load, depending on the direction of rotation of the low speed shaft, and must be of sufficient strength to withstand shock loading at start and during operation. The standard standard torque arm is designed with four radial cylindrical supports.

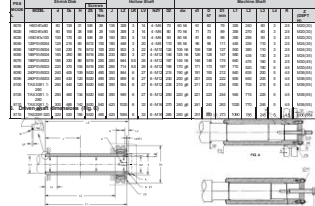
B. How to use the torque arm.
1. When the torque arm is used directly with the speed reducer housing.
2. When the torque arm is used with a common baseplate, it must be installed in a position so far from the low speed shaft as possible.



SIZES 8015 TO 8115 SHRINK DISK COUPLING

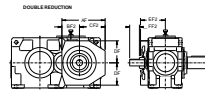
- 1. Procedure for connection (Fig. 6)
(1) Fully engage the connecting profiles (A and B).
(2) Fully engage 30° cones in contact to the position.
(3) Tighten screw cap.
(4) Tighten disc cap.
(5) Tighten disc cap.
(6) Tighten disc cap.
(7) Tighten disc cap.
(8) Tighten disc cap.
(9) Tighten disc cap.
(10) Tighten disc cap.

Table with columns: Unit, Shaft Diameter, W, H, L, W1, H1, L1, W2, H2, L2, W3, H3, L3, W4, H4, L4, W5, H5, L5, W6, H6, L6, W7, H7, L7, W8, H8, L8. Title: SIZES 8015 TO 8115 SHRINK DISK COUPLING



**COOLING FAN**

PARALLEL SHAFT



FAN DIMENSIONS - P2 (inch)

Model	Fan Dia. (mm)	Shaft Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0100	100	10	100
000-0110	110	11	110
000-0120	120	12	120
000-0130	130	13	130
000-0140	140	14	140
000-0150	150	15	150
000-0160	160	16	160
000-0170	170	17	170
000-0180	180	18	180
000-0190	190	19	190
000-0200	200	20	200
000-0210	210	21	210
000-0220	220	22	220
000-0230	230	23	230
000-0240	240	24	240
000-0250	250	25	250
000-0260	260	26	260
000-0270	270	27	270
000-0280	280	28	280
000-0290	290	29	290
000-0300	300	30	300
000-0310	310	31	310
000-0320	320	32	320
000-0330	330	33	330
000-0340	340	34	340
000-0350	350	35	350

FAN DIMENSIONS - P2 (mm)

Model	Fan Dia. (mm)	Shaft Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0100	100	10	100
000-0110	110	11	110
000-0120	120	12	120
000-0130	130	13	130
000-0140	140	14	140
000-0150	150	15	150
000-0160	160	16	160
000-0170	170	17	170
000-0180	180	18	180
000-0190	190	19	190
000-0200	200	20	200
000-0210	210	21	210
000-0220	220	22	220
000-0230	230	23	230
000-0240	240	24	240
000-0250	250	25	250
000-0260	260	26	260
000-0270	270	27	270
000-0280	280	28	280
000-0290	290	29	290
000-0300	300	30	300
000-0310	310	31	310
000-0320	320	32	320
000-0330	330	33	330
000-0340	340	34	340
000-0350	350	35	350

FAN DIMENSIONS - P3 (inch)

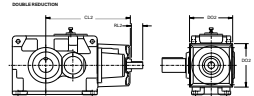
Model	Fan Dia. (mm)	Shaft Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0360	360	36	360
000-0370	370	37	370
000-0380	380	38	380
000-0390	390	39	390
000-0400	400	40	400
000-0410	410	41	410
000-0420	420	42	420
000-0430	430	43	430
000-0440	440	44	440
000-0450	450	45	450
000-0460	460	46	460
000-0470	470	47	470
000-0480	480	48	480
000-0490	490	49	490
000-0500	500	50	500
000-0510	510	51	510
000-0520	520	52	520
000-0530	530	53	530
000-0540	540	54	540
000-0550	550	55	550

FAN DIMENSIONS - P3 (mm)

Model	Fan Dia. (mm)	Shaft Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0360	360	36	360
000-0370	370	37	370
000-0380	380	38	380
000-0390	390	39	390
000-0400	400	40	400
000-0410	410	41	410
000-0420	420	42	420
000-0430	430	43	430
000-0440	440	44	440
000-0450	450	45	450
000-0460	460	46	460
000-0470	470	47	470
000-0480	480	48	480
000-0490	490	49	490
000-0500	500	50	500
000-0510	510	51	510
000-0520	520	52	520
000-0530	530	53	530
000-0540	540	54	540
000-0550	550	55	550

**COOLING FAN**

RIGHT ANGLE SHAFT



FAN DIMENSIONS - R2 (inch)

Model	Fan Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0100	100	100
000-0110	110	110
000-0120	120	120
000-0130	130	130
000-0140	140	140
000-0150	150	150
000-0160	160	160
000-0170	170	170
000-0180	180	180
000-0190	190	190
000-0200	200	200
000-0210	210	210
000-0220	220	220
000-0230	230	230
000-0240	240	240
000-0250	250	250
000-0260	260	260
000-0270	270	270
000-0280	280	280
000-0290	290	290
000-0300	300	300
000-0310	310	310
000-0320	320	320
000-0330	330	330
000-0340	340	340
000-0350	350	350

FAN DIMENSIONS - R2 (mm)

Model	Fan Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0100	100	100
000-0110	110	110
000-0120	120	120
000-0130	130	130
000-0140	140	140
000-0150	150	150
000-0160	160	160
000-0170	170	170
000-0180	180	180
000-0190	190	190
000-0200	200	200
000-0210	210	210
000-0220	220	220
000-0230	230	230
000-0240	240	240
000-0250	250	250
000-0260	260	260
000-0270	270	270
000-0280	280	280
000-0290	290	290
000-0300	300	300
000-0310	310	310
000-0320	320	320
000-0330	330	330
000-0340	340	340
000-0350	350	350

FAN DIMENSIONS - R3 (inch)

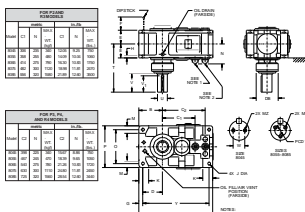
Model	Fan Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0360	360	360
000-0370	370	370
000-0380	380	380
000-0390	390	390
000-0400	400	400
000-0410	410	410
000-0420	420	420
000-0430	430	430
000-0440	440	440
000-0450	450	450
000-0460	460	460
000-0470	470	470
000-0480	480	480
000-0490	490	490
000-0500	500	500
000-0510	510	510
000-0520	520	520
000-0530	530	530
000-0540	540	540
000-0550	550	550

FAN DIMENSIONS - R3 (mm)

Model	Fan Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0360	360	360
000-0370	370	370
000-0380	380	380
000-0390	390	390
000-0400	400	400
000-0410	410	410
000-0420	420	420
000-0430	430	430
000-0440	440	440
000-0450	450	450
000-0460	460	460
000-0470	470	470
000-0480	480	480
000-0490	490	490
000-0500	500	500
000-0510	510	510
000-0520	520	520
000-0530	530	530
000-0540	540	540
000-0550	550	550

**DROP BEARING DESIGN**

FOR HIGH EXTERNAL LOADS



**METRIC**

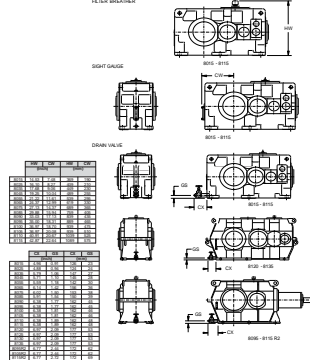
Model	Fan Dia. (mm)	Shaft Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0360	360	36	360
000-0370	370	37	370
000-0380	380	38	380
000-0390	390	39	390
000-0400	400	40	400
000-0410	410	41	410
000-0420	420	42	420
000-0430	430	43	430
000-0440	440	44	440
000-0450	450	45	450
000-0460	460	46	460
000-0470	470	47	470
000-0480	480	48	480
000-0490	490	49	490
000-0500	500	50	500
000-0510	510	51	510
000-0520	520	52	520
000-0530	530	53	530
000-0540	540	54	540
000-0550	550	55	550

**INCH**

Model	Fan Dia. (mm)	Shaft Dia. (mm)	Total Width (mm)
000-0360	360	36	360
000-0370	370	37	370
000-0380	380	38	380
000-0390	390	39	390
000-0400	400	40	400
000-0410	410	41	410
000-0420	420	42	420
000-0430	430	43	430
000-0440	440	44	440
000-0450	450	45	450
000-0460	460	46	460
000-0470	470	47	470
000-0480	480	48	480
000-0490	490	49	490
000-0500	500	50	500
000-0510	510	51	510
000-0520	520	52	520
000-0530	530	53	530
000-0540	540	54	540
000-0550	550	55	550

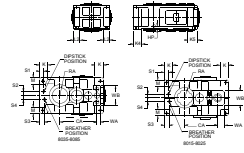
**OPTIONS**

HORIZONTAL UNITS



SUPPLEMENTARY DIMENSIONS

VERTICAL UNITS

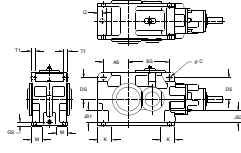


Two tables listing dimensions for vertical units. The first table lists dimensions S1, S2, S3, S4, and WA. The second table lists dimensions S1, S2, S3, S4, and WA.

100

SUPPLEMENTARY DIMENSIONS

R2 HORIZONTAL



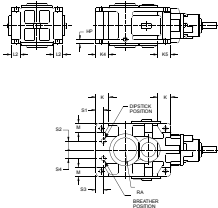
Two tables listing dimensions for R2 horizontal units. The first table lists dimensions T1, T2, S1, S2, S3, S4, and WA. The second table lists dimensions T1, T2, S1, S2, S3, S4, and WA.



101

SUPPLEMENTARY DIMENSIONS

R2 VERTICAL

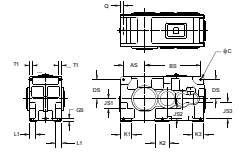


Two tables listing dimensions for R2 vertical units. The first table lists dimensions S1, S2, S3, S4, and WA. The second table lists dimensions S1, S2, S3, S4, and WA.

102

SUPPLEMENTARY DIMENSIONS

8850 - 8115 HORIZONTAL



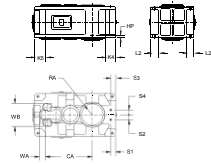
Two tables listing dimensions for 8850-8115 horizontal units. The first table lists dimensions T1, T2, S1, S2, S3, S4, and WA. The second table lists dimensions T1, T2, S1, S2, S3, S4, and WA.



103

SUPPLEMENTARY DIMENSIONS

8000 - 8115 VERTICAL



Two tables listing dimensions for 8000-8115 vertical units. The first table lists dimensions S1, S2, S3, S4, and WA. The second table lists dimensions S1, S2, S3, S4, and WA.

104

ENGINEERING REFERENCE & CONVERSION TABLES

A large grid containing a list of conversion factors and tables for various engineering units including Base Units, Equations for Power Transmission, Torque, Work, Conversion Factors, Length, Area, Volume, Force and Weight, Velocity, Torque, Power, Moment of Inertia, Pressure, and Temperature.



105

**BASE UNITS**

**PRIMARY UNITS**

Quantity	Primary Unit	Primary Symbol	Imperial Sys. Unit	Imperial Sys. Symbol	Metric Sys. Unit	Metric Sys. Symbol	Name
Mass	lb	lb	Pound	lb	kg	kg	Kilogram
Time	h	h	Hour	h	s	s	Second
Length	ft	ft	Foot	ft	m	m	Meter
Temperature	°F	°F	Fahrenheit	°C	°C	°C	Celsius
Electric Current	A	A	Amperes	A	A	A	Amperes

**UNITS FOR GEOMETRIC PROPERTIES**

Quantity	Primary Unit	Primary Symbol	Imperial Sys. Unit	Imperial Sys. Symbol	Metric Sys. Unit	Metric Sys. Symbol	Name
Area	sq. ft.	sq. ft.	Square Foot	sq. ft.	Square Meter	sq. m	Square Meter
Depth	ft	ft	Foot	ft	m	m	Meter
Diameter	in.	in.	Inch	mm	mm	mm	Millimeter
Height	ft	ft	Foot	ft	m	m	Meter
Length	ft	ft	Foot	ft	m	m	Meter
Radius	in.	in.	Inch	mm	mm	mm	Millimeter
Displacement	ft	ft	Foot	ft	m	m	Meter
Volume	cu. ft.	cu. ft.	Cubic Foot	cu. m	cu. m	cu. m	Cubic Meter

**UNITS FOR TIME & PERIODIC PHENOMENA**

Quantity	Primary Unit	Primary Symbol	Imperial Sys. Unit	Imperial Sys. Symbol	Metric Sys. Unit	Metric Sys. Symbol	Name
Acceleration	ft/sec <sup>2</sup>	ft/sec <sup>2</sup>	Foot per Second Squared	m/sec <sup>2</sup>	Meter per Second Squared	m/sec <sup>2</sup>	Meter per Second Squared
Angular Acceleration	°/sec <sup>2</sup>	°/sec <sup>2</sup>	Degree per Second Squared	rad/sec <sup>2</sup>	Radian per Second Squared	rad/sec <sup>2</sup>	Radian per Second Squared
Rotational Velocity	rpm	rpm	Revolutions per Minute	rpm	Revolutions per Minute	rpm	Revolutions per Minute
Angular Velocity	°/min	°/min	Degree per Minute	rad/min	Radian per Minute	rad/min	Radian per Minute
Velocity	ft/s	ft/s	Foot per Second	m/s	Meter per Second	m/s	Meter per Second

**UNITS FOR ENERGY & POWER**

Quantity	Primary Unit	Primary Symbol	Imperial Sys. Unit	Imperial Sys. Symbol	Metric Sys. Unit	Metric Sys. Symbol	Name
Energy (Btu)	Btu	Btu	British Thermal Unit	kJ	Kilojoule	kJ	Kilojoule
Power (hp)	hp	hp	Horsepower	kW	Kilowatt	kW	Kilowatt

100

**EQUATIONS FOR POWER TRANSMISSION**

**EQUATIONS FOR RATES & DISPLACEMENT**

Velocity (v) = Displacement (d) / Time (t) = Displacement (v) / Time (t)

Displacement (d) = Velocity (v) x Time (t)

Rotary Motion: Angular Velocity (ω) = Angular Displacement (θ) / Time (t)

Time (t) = Angular Displacement (θ) / Angular Velocity (ω)

Displacement (d) = Velocity (v) x Time (t)

**EQUATIONS FOR TORQUE & WORK**

Work (W) = Force (F) x Displacement (d)

Torque (T) = Force (F) x Radius (r)

Power (P) = Torque (T) x Angular Velocity (ω)

**EQUATIONS FOR POWER**

Power (P) = Work (W) / Time (t)

Power (P) = Torque (T) x Angular Velocity (ω)

Power (P) = Force (F) x Velocity (v)

Power (P) = Torque (T) x Angular Velocity (ω)

Power (P) = Force (F) x Velocity (v)

Power (P) = Torque (T) x Angular Velocity (ω)

100

**CONVERSION FACTORS**

Velocity	ft/min	ft/sec	m/sec
1 ft/min	1	0.0167	0.00508
1 ft/sec	60	1	0.3048
1 m/sec	1968.5	3.281	1

Moment of Inertia and Other Physical Effects	ft <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>
1 ft <sup>2</sup>	1	144	929.03
1 in <sup>2</sup>	0.00694	1	6.4516
1 cm <sup>2</sup>	0.000334	0.155	1

Pressure and Stress	psi	lb/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1 psi	1	1	0.0703
1 lb/in <sup>2</sup>	1	1	0.0703
1 kg/cm <sup>2</sup>	14.2238	14.2238	1

Power	hp	PS	W
1 hp	1	0.746	746
1 PS	1.3596	1	1000
1 W	0.00134	0.00136	1

100

**UNITS FOR MECHANICAL MEASUREMENTS**

Quantity	Primary Unit	Primary Symbol	Imperial Sys. Unit	Imperial Sys. Symbol	Metric Sys. Unit	Metric Sys. Symbol	Name
Force	lb	lb	Pound Force (lbf)	lbf	N	N	Newton
Moment of Inertia	in <sup>4</sup>	in <sup>4</sup>	Inch to the Fourth Power	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	Centimeter to the Fourth Power
Torque	ft-lb	ft-lb	Foot-Pound	N-m	N-m	N-m	Newton-Meter
Mass	lb	lb	Pound	kg	kg	kg	Kilogram
Efficiency	%	%	Percent	%	%	%	Percent
Friction	μ	μ	Coefficient of Friction	μ	μ	μ	Coefficient of Friction

**UNITS FOR ELECTRICAL MEASUREMENT**

Quantity	Primary Unit	Primary Symbol	Imperial Sys. Unit	Imperial Sys. Symbol	Metric Sys. Unit	Metric Sys. Symbol	Name
Electric Current	A	A	Amperes	A	A	A	Amperes
Power	W	W	Watts	W	W	W	Watts
Resistance	Ω	Ω	Ohms	Ω	Ω	Ω	Ohms
Voltage	V	V	Volts	V	V	V	Volts

**CONVERSION FACTORS**

Length	in	ft	mi	mm	cm	m	km
1 in	1	0.0833	0.000155	25.4	2.54	0.0254	0.0000254
1 ft	12	1	0.000189	304.8	30.48	0.3048	0.0003048
1 mi	5280	0.1875	1	1609.34	1609.34	1.60934	0.00160934

Volume	cu. in	cu. ft	cu. yd	liters	cc	m <sup>3</sup>
1 cu. in	1	0.0005787	6.92e-5	16.387	16.387	0.000016387
1 cu. ft	1728	1	0.0001357	28.317	28317	0.00028317
1 cu. yd	27	0.3597	1	764.555	764555	0.000764555

Area	sq. in	sq. ft	sq. yd	sq. cm	sq. m
1 sq. in	1	0.00694	0.000774	6.4516	0.00064516
1 sq. ft	144	1	0.1196	929.03	0.092903
1 sq. yd	1296	32.257	1	8361.27	7.64555

Temperature	°F	°C	°R	°K
°F to °C	(°F - 32) x 5/9			
°C to °F	(°C x 9/5) + 32			
°F to °R	°F + 459.67			
°R to °F	°R - 459.67			
°C to °K	°C + 273.15			
°K to °C	°K - 273.15			

Temperature Conversion	°F	°C	°R	°K
°F to °C	(°F - 32) x 5/9			
°C to °F	(°C x 9/5) + 32			
°F to °R	°F + 459.67			
°R to °F	°R - 459.67			
°C to °K	°C + 273.15			
°K to °C	°K - 273.15			

Degree Fahrenheit to Degree Celsius	°F	°C
32	0	
100	37.8	
212	100	
320	159.9	
400	204.4	
500	255.6	
600	316.7	
700	377.8	
800	438.9	
900	499.9	
1000	561.0	







## THE SIZING AND SELECTION OF HYDROCYCLONES

By Richard A. Arterburn

For many years, hydrocyclones, commonly referred to as cyclones, have been extensively utilized in the classification of particles in comminution circuits. The practical range of classification for cyclones is 40 microns to 400 microns, with some remote applications as fine as 5 microns or as coarse as 1000 microns. Cyclones are used in both primary and secondary grinding circuits as well as regrind circuits. The information given in this paper is intended to provide a method, at least for estimating purposes, of selecting the proper number and size of cyclones and to determine the proper level of operating variables. Generally, it is recommended that cyclone suppliers be consulted for sizing confirmation. Some cyclone suppliers employ digital computers to aid in the sizing and selection of cyclones.

### CYCLONE DESCRIPTION AND BASIC OPERATION

Figure 1 shows a cutaway view of a typical cyclone. During operation, the feed slurry enters the cyclone under pressure through the feed pipe into the top of the cylindrical feed chamber. This tangential entrance is accomplished by two types of design, as shown in Figure 2. Since the majority of research has been done with the involuted type, the graphs and relationships shown may not be strictly applicable to other designs.

As the feed enters the chamber, a rotation of the slurry inside of the cyclone begins, causing centrifugal forces to accelerate the movement of the particles towards the outer wall. The particles migrate downward in a spiral pattern through the cylindrical section and into the conical section. At this point the smaller mass particles migrate toward the center and spiral upward and out through the vortex finder, discharging through the overflow pipe. This product, which contains the finer particles and the majority of the

water, is termed the overflow and should be discharged at or near atmospheric pressure.

The higher mass particles remain in a downward spiral path along the walls of the conical section and gradually exit through the apex orifice. This product is termed the underflow and also should be discharged at or near atmospheric pressure.

### BASIC PARAMETERS FOR STANDARD CYCLONE

The definition of a "standard cyclone" is that cyclone which has the proper geometrical relationship between the cyclone diameter, inlet area, vortex finder, apex orifice, and sufficient length providing retention time to properly classify particles. As with the involuted type design, the graphs and mathematical relationships shown for proper selection and sizing of cyclones apply to the "standard cyclone" geometry.

The main parameter is the cyclone diameter. This is the inside diameter of the cylindrical feed chamber.

The next parameter is the area of the inlet nozzle at the point of entry into the feed chamber. This is normally a rectangular orifice, with the larger dimension parallel to the cyclone axis. The basic area of the inlet nozzle approximates 0.05 times the cyclone diameter squared.

The next important parameter is the vortex finder. The primary function of the vortex finder is to control both the separation and the flow leaving the cyclone. Also, the vortex finder is sufficiently extended below the feed entrance to prevent short circuiting of material directly into the overflow. The size of the vortex finder equals 0.35 times the cyclone diameter.

The cylindrical section is the next basic part of the cyclone and is located between the feed chamber and the conical section. It is the same diameter as the feed chamber and its function is to lengthen the cyclone and increase the retention time. For the basic cyclone, its length should be 100% of the cyclone diameter.

The next section is the conical section, typically referred to as the cone section. The included angle of the cone section is normally between  $10^{\circ}$  and  $20^{\circ}$  and, similar to the cylinder section, provides retention time.

The termination of the cone section is the apex orifice and the critical dimension is the inside diameter at the discharge point. The size of this orifice is determined by the application involved and must be large enough to permit the solids that have been classified to underflow to exit the cyclone without plugging. The normal minimum orifice size would be 10% of the cyclone diameter and can be as large as 35%. Below the apex is normally a splash skirt to help contain the underflow slurry.

### PERFORMANCE

In determining the proper size and number of cyclones required for a given application, two main objectives must be considered. The first is the classification or separation that is required, and the second is the volume of feed slurry to be handled. Before determining whether these objectives can be achieved, it is necessary to establish a base condition as follows:

1. Feed liquid – water at 20° C.
2. Feed solids – spherical particles of 2.65 sp gr.
3. Feed concentration – less than 1% solids by volume
4. Pressure drop – 69 kPa (10psi).
5. Cyclone geometry – “standard cyclone” as described above

### CLASSIFICATION

Historically, classification has been defined as the particle size of which 1% to 3% reports to the cyclone overflow with coarser particles reporting to the cyclone underflow. Recent investigations have defined classification as the particle size of which 50% reports to the overflow and 50% to the underflow, or the so-called D50<sub>C</sub> point. Figure 3 shows the typical relationship between particle diameter and the percent recovered to underflow. The portion of the curve near the 50% recovery level is quite steep and lends itself readily to determining an accurate particle diameter. Examination of the recovery curve near the 97% to 99% recovery level shows that the curve is nearly horizontal and a small differential could change the micron diameter considerably.

[Note: The particle size shown on Figure 3 and also used for calculations in this paper is defined as the minimum particle diameter of a given size band. For example, a particle that passes a 150 mesh screen (105 microns) but is retained on a 200 mesh screen (74 microns) would actually have a diameter between 74 microns and 105 microns. For this paper, the size of 74 microns would be used for particles in this size range.]

Figure 3 also shows that the actual recovery curve does not decrease below a certain level. This indicates that a certain amount of material is always recovered to the underflow and bypasses classification. If a comparison is made between the minimum recovery level of solids to the liquid that is recovered, they are found to be equal. Therefore it is assumed that a percent of all size fractions reports directly to the underflow as bypassed solids in equal proportion to the liquid split. Then each size fraction of the actual recovery curve is adjusted by an amount equal to the liquid recovery to produce the “corrected recovery” curve shown in Figure 3.

As the D50<sub>C</sub> point changes from one application to another, the recovery curves shift, along the horizontal axis. In order to determine a single graph which represents the corrected recovery curve, the particle size of each size fraction is divided by the D50<sub>C</sub> value and a “reduced recovery” curve can be plotted, as shown in Figure 4.

Investigations have shown that this curve remains constant over a wide range of cyclone diameters and operating conditions when applied to a slurry containing solids of a single specific gravity and a typical or normal size distribution such as those encountered in most grinding circuits. Equation 1 gives a mathematical relationship which can be used to calculate the reduced recovery. This recovery, along with the bypassed solids, is used to predict the complete size distribution for the underflow product.

$$R_r = \frac{e^{4X} - 1}{e^{4X} + e^4 - 2} \quad (\text{eq. 1})$$

Where R<sub>r</sub> = Recovery to underflow on corrected basis.

X = Particle diameter / D50<sub>C</sub> particle diameter.

In designing comminution circuits the objective is to produce an overflow from the cyclone which has a certain size distribution, normally defined as a given percent passing a specified micron size. An empirical relationship shown in Table 1 is used to relate the overflow size distribution to the D50<sub>C</sub> required to produce the specified separation. The relationship of this table is for typical or average grinding size distributions and may vary slightly

depending upon the grinding characteristics of the ore itself.

The separation a cyclone can achieve can be approximated using Equation 2. The D50<sub>C</sub> (base) for a given diameter cyclone is multiplied times a series of correction factors designated by C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, and C<sub>3</sub>.

(Eq. 2)

$$D50_C(\text{application}) = D50_C(\text{base}) \times C_1 \times C_2 \times C_3$$

**Table 1. Relationship of D50<sub>C</sub> to Overflow Size Distribution**

Required Overflow Size Distribution (Percent Passing) of Specified Micron Size	Multiplier (To Be Multiplied Times Micron Size)
98.8	0.54
95.0	0.73
90.0	0.91
80.0	1.25
70.0	1.67
60.0	2.08
50.0	2.78

Example: Produce an overflow of 80% passing 149 microns (100 mesh).

Multiplier from Table 1 at 80% passing = 1.25.

Micron size for application = 149 microns (100 mesh).

D50<sub>C</sub> required = 1.25x149 = 186 microns for application.

This D50<sub>C</sub> (base) is the micron size that a "standard cyclone" can achieve operating under the base conditions and is given in Figure 5 or calculated from Equation 3. For example, a 25.4 cm (10 in.) diameter cyclone has a base D50<sub>C</sub> point of 24 microns.

$$D50_C(\text{base}) = 2.84 \times D^{0.66} \quad (\text{Eq. 3})$$

Where D = Cyclone diameter in cm.

The first correction (C<sub>1</sub>) is for the influence of the concentration of solids contained in the feed slurry. The graphical representation of this correction is shown in

Figure 6 and can be calculated using Equation 4. Figure 6 indicates that the level of percent solids is extremely important in determining the proper separation, as the higher the concentration the coarser the separation. It should be pointed out that this correction is a relative measure of slurry viscosity and is affected by such things as the size of particles present as well as particle shape. For example, a feed that contains a large amount of clay would tend to shift this curve to the left and result in a coarser separation, whereas the absence of fines would shift the curve to the right and result in a finer separation. Many other

variables such as liquid viscosity also affect this correction.

$$C_1 = \left[ \frac{53-V}{53} \right]^{-1.43} \quad (\text{Eq. 4})$$

Where  $C_1$  = Correction for the influence of cyclone feed concentration.

$V$  = Percent solids by volume of cyclone feed.

The second correction is for the influence of pressure drop across the cyclone as measured by taking the difference between the feed pressure and the overflow pressure. Pressure drop is a measure of the energy being utilized in the cyclone to achieve the separation. It is recommended that pressure drops, whenever possible, be designed in the 40 to 70 kPa (5 to 10 psi) range to minimize energy requirements as well as reduce wear rates. This is especially true for coarse separations usually associated with primary or secondary grinding circuits.

The correction for pressure drop is shown in Figure 7 and can be calculated from Equation 5. As indicated, a higher pressure drop would result in a finer separation and lower pressure drop in a coarser separation.

$$C_2 = 3.27 \times \Delta P^{-0.28} \quad (\text{Eq. 5})$$

Where  $C_2$  = Correction for influence of pressure drop.

$\Delta P$  = Pressure drop in kPa.

The next correction is for the effect that specific gravity of the solids and liquid have on the separation. Since the cyclone does not actually achieve a size separation but rather a mass separation, the specific gravity of the particle is extremely important in determining the separation. It is especially meaningful in applications where the mineral has a higher specific gravity than the gangue material which allows better

liberation of mineral particles at a coarser overall separation size.

It has been found that Stoke's law can be applied to determine particle diameters which would produce the same terminal settling velocity for a particle of known specific gravity in a liquid of known specific gravity as compared to a particle of 2.65 specific gravity in water. This relationship is shown in Figure 8 and can be calculated using Equation 6.

$$C_3 = \left[ \frac{1.65}{G_S - G_L} \right]^{0.5} \quad (\text{Eq. 6})$$

Where  $C_3$  = Correction for influence of specific gravity

$G_S$  = Specific gravity of solids

$G_L$  = Specific gravity of liquid (normally 1.0)

The cyclone diameter, along with the three corrections of percent solids, pressure drop, and specific gravity, are the main variables necessary for preliminary sizing and selection of cyclones. Other variables, such as the vortex finder and inlet size, also have an effect on separation. For example, a larger vortex finder size would tend to coarsen the separation, whereas a smaller size would tend to achieve a finer separation. Due to this fact, most cyclones have a replaceable vortex finder with different sizes available. Vortex finder diameters vary from a minimum of about 25% of the cyclone diameter to a maximum of about 45%. The inlet area also shows the same effect as the vortex finder, but not as pronounced.

The apex size also has an effect on separation but the effect is minor unless the apex is too small and becomes a physical constraint, forcing material into the overflow.

Cyclone retention time is also a minor factor influencing cyclone performance. Within limits, increased retention time would help achieve a finer separation; whereas reduced retention time would coarsen the separation. The retention time of the cyclone can be altered by either changing the length of the cylindrical section or by changing the cone angle.

There are numerous other variables which also have an effect of separation; however, these variables are relatively minor and may be neglected for the preliminary sizing and selection of cyclones.

### **FLOW RATE**

The second main objective which must be considered is to provide adequate cyclone capacity for the application. The volume of feed slurry that a given cyclone can handle is related to the pressure drop across the cyclone. The relationship between flow rate and pressure drop for several different sizes of standard cyclones is shown in Figure 9. As shown, the flow rate increases as the pressure drop increases. In order to utilize this graph, the pressure drop used for calculating the separation is used to determine the flow rate for the cyclone diameter which was also used for determining the separation. The flow rate is then divided into the total flow for a specific application to determine the number of units necessary.

Since the flow rate given in Figure 9 is for water rather than slurry, it should be mentioned that slurry normally increases the capacity of a cyclone over that shown for water; however, for preliminary estimates this factor can be neglected. This will result in the number of cyclones calculated being slightly higher than those actually needed. Approximately 20% to 25% standby cyclones are recommended for operational as well as maintenance flexibility.

The vortex finder size and inlet area of a cyclone also have an effect on the volumetric flow rate that a given cyclone can handle. Larger vortex finders or inlet areas would increase the capacity, whereas smaller vortex finders or inlet areas would decrease the capacity. The shaded area in Figure 9 corresponding to each standard cyclone gives the approximate range of capacity for each cyclone.

### **APEX SELECTION**

The proper selection of apex size is critical to proper cyclone performance. For each application a circulating load is normally given which establishes the amount of solids which must pass through the cyclone underflow. Experience has

shown that an underflow density of 50% to 53% solids by volume is typical for primary grinding circuits, whereas an underflow density of 40% to 45% solids by volume is normal for regrind circuits. Therefore, an underflow density can be assumed which establishes the total flow rate that must report through each cyclone apex. Figure 10 shows the approximate flow rate for a given diameter apex orifice.

### **OPERATIONAL AND DESIGN CONSIDERATIONS**

One of the most important considerations is to insure that cyclones are installed properly. A detailed list of "Do's and Don'ts" is given in a later chapter.

### **FEED PIPING AND DISTRIBUTION**

A most important consideration for a given cyclone system is proper delivery of the slurry to the cyclone or cyclones. It has been found that a pipe size which produces a line velocity of 200 to 300cm/sec (7 to 10 ft/sec) is high enough to prevent particles from settling, even in horizontal sections, but low enough to minimize wear. Normally for a single cyclone installation the inlet pipe size of the manufacturer's recommendation produces a velocity in this area.

If the slurry is to be distributed to a number of cyclones operating in parallel, extreme care should be given to the design of the distribution system, and a radial type of manifold is recommended. This is a system where the cyclones are fed from a central circular chamber. When properly designed the central chamber becomes a mixing area and the line velocity should be lowered to approximately 60 to 90 cm/sec (2 to 3 ft/sec). This will help insure that each cyclone is fed with the same slurry concentration as well as the same particle size distribution and also will reduce wear rates. Using the radial manifold also makes it easier to install standby cyclones.

Should an inline type manifold be utilized, the cyclones do not receive good distribution. It is typical that the high mass particles or coarser particles tend to pass the first cyclones and report to the final cyclone. This results in the last cyclone receiving a higher feed concentration of coarser particles, which accelerates the

wear of the last cyclone as well as produces a coarser separation due to the higher feed density. Also, the last cyclone, once shut off, becomes difficult to restart because the solids will tend to pack into the feed pipe.

For applications where the separation is not critical or one in which the feed concentration is extremely low, an inline manifold is acceptable and is much less expensive than the radial type.

## MATERIALS OF CONSTRUCTION

Cyclone Construction varies greatly from one manufacturer to another, but the majority of the designs includes metal housings with replaceable liners with replaceable liners with the most suitable liner material varying from one application to another. It is also common to utilize several different lining materials within the same cyclone to optimize wear characteristics.

Natural gum rubber is the most common material utilized due to its relatively low cost, excellent wear, ease of handling, and it is not fragile. Applications where gum rubber is not suitable are those where the temperatures exceed 60°C or there are large amounts of hydrocarbons present in the slurry such as oil or other detrimental chemicals.

Ceramic materials have found acceptance as cyclone liners for the apex orifice as well as other areas which exhibit severe abrasion. These include areas such as the lower cone liner and vortex finder.

Nihard has also proven to be an acceptable wear material, especially for vortex finders and other areas which require strength as well as abrasion resistance.

Other elastomer materials such as neoprene and nitrile are also utilized when hydrocarbons are present or when the temperature exceeds 60°C. Urethane has found acceptance, especially in areas where the solids are relatively fine.

## PRESSURE DROP CALCULATIONS

As mentioned earlier, the pressure drop across a cyclone is measured by taking the difference between the feed pressure and the overflow pressure. If the overflow is discharged at near atmospheric pressure as

recommended, the feed pressure is the same as the pressure drop.

Cyclone selection provides the pressure drop required, and for pump calculations this must be converted to meters of slurry which can then be added to the static and friction heads to determine the total dynamic head for the pump. Equation 7 is used for conversion of pressure drop to meters of slurry.

$$M = \frac{\Delta P \times 0.102}{G} \quad (\text{Eq. 7})$$

Where M = Meters, slurry.

$\Delta P$  = Pressure drop, kPa.

G = Sp gr of slurry.

As stated, it is recommended that both the overflow and underflow products be discharged at atmospheric pressure. Should the overflow be discharged against a positive head, some of the fluid which normally reports to the overflow is forced to report to the underflow. This does not have a major effect on classification but does increase the amount of bypass solids and reduces underflow density.

Should the overflow be discharged at a point lower than the feed entrance, a possible siphon can be established which would cause a breakdown in classification and could bring larger particles into the overflow. A large siphon effect could actually dislodge a worn liner which in turn would plug the overflow piping. Siphons can be prevented by installing a vent pipe on the overflow piping of each cyclone.

The underflow should also be discharged at or near atmospheric pressure. Should the underflow be discharged at a negative pressure, the effect would be similar to a positive pressure at the cyclone overflow. If the underflow is discharged against a positive pressure, the amount of flow is reduced and a larger apex must be selected in order to insure that the classified solids can discharge freely.

## SUMP/PUMP DESIGN

Another chapter covers the selection and sizing of slurry pumps and should be consulted for more detailed information concerning sump/pump design. Specifically

regarding cyclone applications, the feed slurry being delivered to a cyclone should be as steady as possible with regard to both volumetric flow rate and slurry density. Unsteady feed conditions such as severe pump surging or extreme variations in slurry density are very detrimental to good cyclone performance. In general, a sump/pump system for a cyclone application should have a sump with as much depth as possible and a minimum cross-sectional area consistent with the pump manufacturer's recommended retention time. A sump of this design will normally eliminate pump surging by allowing small variations in sump level well above the minimum pump suction level. The small cross-sectional area will reduce the buildup of solids in the bottom of the sump and help prevent large sections of the settled solids to slough into the pump suction and plug either the cyclone feed line or the cyclone apex. Therefore, a tall sump with a small cross-sectional area provides much smoother operation.

### APEX DISCHARGE PATTERN

An Important part of cyclone operation is being able to observe the type of pattern that the cyclone apex is producing. An apex operating at atmospheric pressure should produce a cone shaped discharge with an angle of 20° to 30° and a hollow center. If the cyclone consistently produces a high angle cone spray, the apex orifice should be reduced in size to maximize the slurry density being discharged. On the other hand, should the cone spray be void of the hollow center and resemble a "rope", then the apex is too small and oversize material may be reporting to the cyclone overflow. In this case, a larger apex orifice should be installed.

### EXAMPLE PROBLEM

Example – Primary Grinding Circuit

**Problem:** Select the proper size and number of cyclones for a rod mill/ball mill circuit where new feed to the rod mill is 250 metric tons per hour (MTPH) solids. Both mill discharges join together at cyclone feed sump and are pumped to cyclones. Overflow is to be 60% - 200 mesh (74

microns) at a minimum of 40% solids by weight. Underflow becomes ball mill feed. Specific gravity of solids is 2.9 and estimated circulating load is 225%.

STEP 1. Calculate material balance from known information. Overflow must be 250 MTPH at 40% solids.

Overflow:

MTPH solids = 250  
 MTPH water = 375  
 MTPH slurry = 625  
 % solids, wt = 40  
 Sp gr slurry = 1.355  
 1/sec slurry = 128 (2030 USGPM)  
 (1/sec = liters per second)

Underflow: (based on 2.25 x overflow):

MTPH solids = 562  
 MTPH water = 187  
 MTPH slurry = 749  
 % solids, wt = 75 (assumed at  
 Sp gr slurry = 1.966  
 1/sec slurry = 106 (1676 USGPM)

Feed (sum of overflow and underflow):

MTPH solids = 812  
 MTPH liquid = 562  
 MTPH slurry = 1374  
 % solids, wt = 59.1  
 Sp gr slurry = 1.632  
 1/sec slurry = 234 (3706 USGPM)  
 % solids, vol. = 33.2 (necessary for  
 separation  
 calculations)

STEP 2. Calculate required  $D_{50C}$  for specified overflow of 60% passing 74 microns.

From Table 1:

Multiplier at 60% passing = 2.08  
 Specified micron size = 74 microns  
 $D_{50C}$  (application) =  $2.08 \times 74 = 154$  microns

STEP 3. Calculate cyclone diameter required.

First, calculate  $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_3$ :

$C_1$  = Correction for feed density = 4.09



(from Figure 6)  
 $C_2$  = Correction for  $\Delta P = 1.1$  (from Figure 7).  
 Pressure drop assumed at 50 kPa  
 (7 psi) which would be low energy and  
 good maintenance.  
 $C_3$  = Correction for sp gr solids = 0.93  
 (from Figure 8)

Second, calculate cyclone diameter:

$D_{50C}(\text{application}) = D_{50C}(\text{base}) \times C_1 \times C_2 \times C_3$   
 (from Equation 2)  
 $154 = D_{50C}(\text{base}) \times 4.09 \times 1.1 \times 0.93$   
 $D_{50C}(\text{base}) = 37$  microns

Therefore, from Figure 5 use 51 cm  
 cyclones (20 in.).

STEP 4. Calculate number of units  
 required.

From Figure 9:

Flow rate for 51 cm cyclone at  
 50 kPa = 40 1/sec  
 Total feed flow = 234 1/sec

Therefore, number of units =  $234/40 =$   
 5.85 or use 6 cyclones in operation.

STEP 5. Calculate proper apex size.

Total underflow = 106 1/sec  
 Underflow per unit =  $106/6 = 18$  1/sec  
 From Figure 10 each apex should be  
 9.5 cm (3 3/4 in.)

## CONCLUSION

It has been the intent of this paper to provide a method for determining the proper size and number of cyclones required for the design of a comminution circuit. The parts of a cyclone and the geometry which comprise a standard cyclone were described. Cyclone performance, as well as the fundamental variables of cyclone diameter, feed concentration, pressure drop, and specific gravities, has been explained. Both graphical representations and mathematical relationships have been given for each of the fundamental variables, and cyclone and apex capacities have been presented.

Other design and installation information such as feed distribution systems, materials of construction, pressure drop calculations, sump/pump design, and apex pattern were discussed. An example problem for a primary rod mill/ball mill grinding circuit was also given.

Although the method for determining the proper size and selection of hydrocyclones in this paper has proven to be quite accurate, the engineer should still be aware of the fact that variations in ore characteristics have an effect on cyclone performance. In cases where the slurry characteristics are questionable, pilot plant information should be used to provide more accurate cyclone sizing and selection.

## BIBLIOGRAPHY

Arterburn, R.A., 1976, "The Sizing of Hydrocyclones, Krebs Engineers, Menlo Park, CA.

Bradley, D. 1965, The Hydrocyclone, Pergamon Press, Oxford.

Gaudin, A.M., 1939, Principles of Mineral Dressing, McGraw Hill, New York and London.

Lynch, A.J. and Rao, T.C., 1968, "The Operatint Characteristics of Hydrocyclone Classifiers," Ind. J. of Tech., 6.

Lynch, A.J., Rao, T.C. and Prisbrey, 1974, "Influence of Hydrocyclone Diameter on Reduced Efficiency Curves," International Journal of Mineral Processing, 1, 173.

Mular, A.L. and Bull, W.R. (Editors), 1969, "Mineral Processes: Their Analysis, Optimization and Control," Queens University, Ontario.

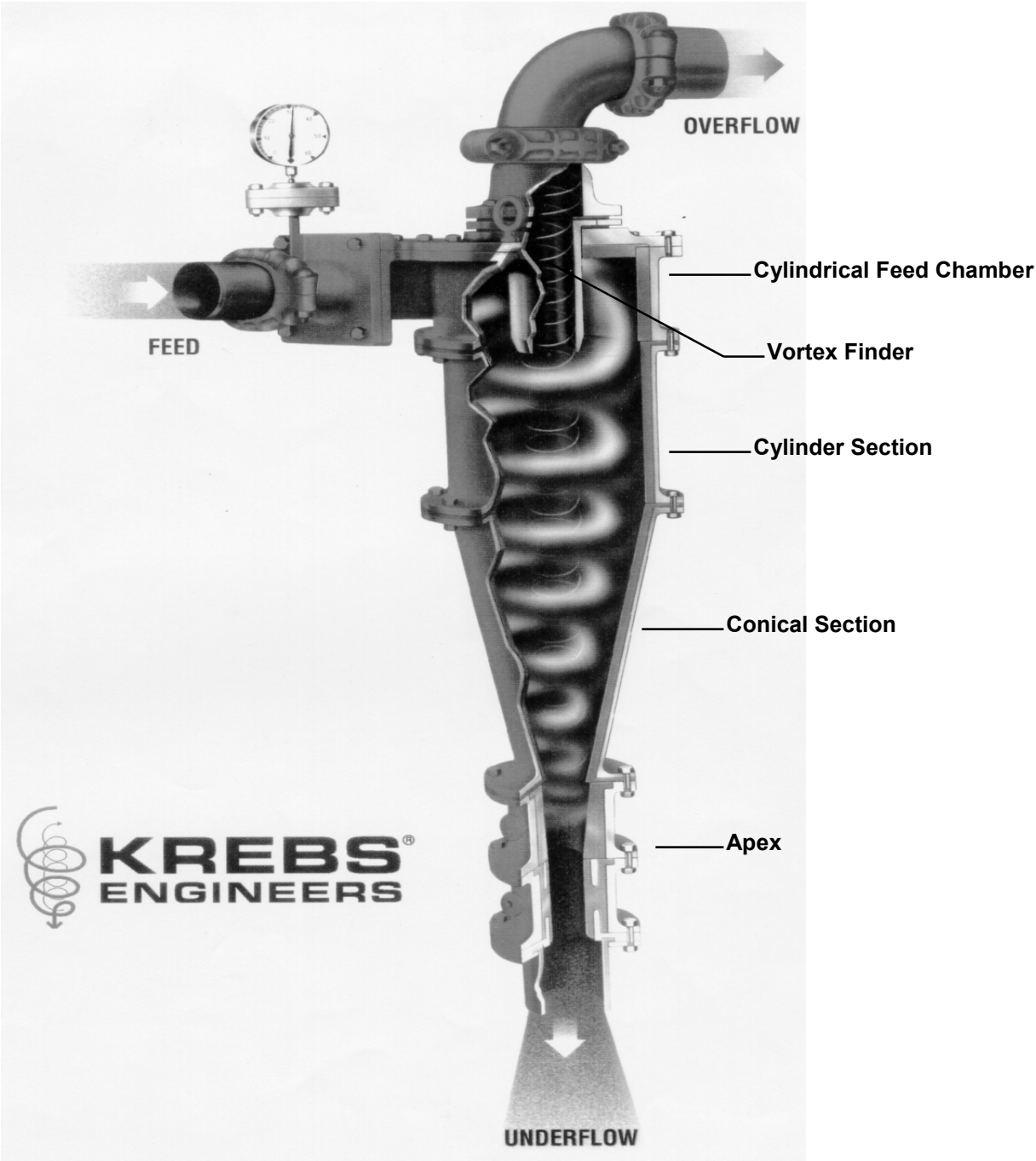
Mular, A. L. and Jull, N.A., 1978, The Selection of Cyclone Classifiers, Pumps and Pump Boxes for Grinding Circuits, Mineral Processing Plant Design, AIME, New York.

Plitt, L.R., 1976, "A Mathematical Model of the Hydrocyclone Classifier," CIM Bull. 69, 114.

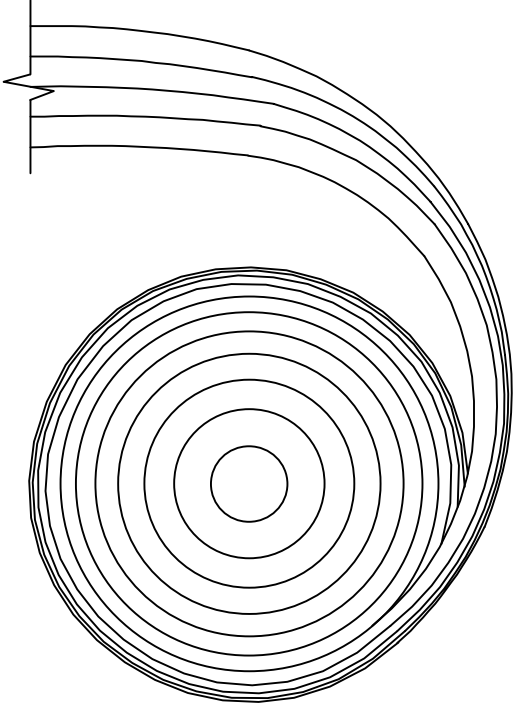
Tarr, D.T., 1965, "Practical Application of Liquid Cyclones in Mineral Dressing Problems," AIME Fall Meeting.

Wills, B.A., 1981, Mineral Processing Technology, 2<sup>nd</sup> Ed., Pergamon Press, Oxford.

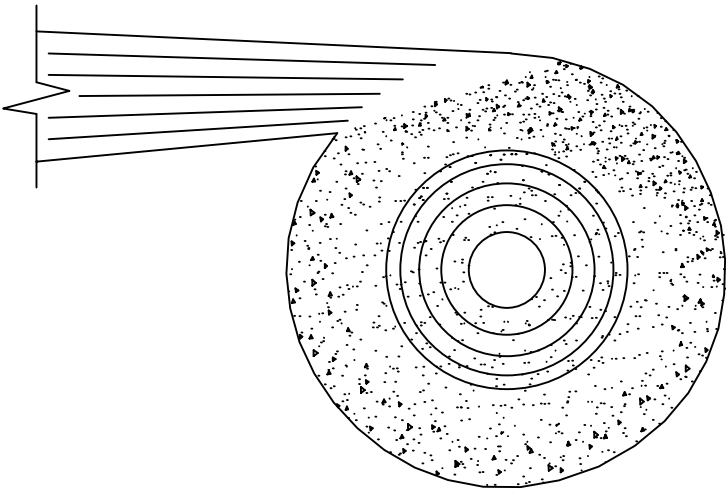
FIGURE 1  
CYCLONE CUTAWAY



**Figure II**  
**Involuted Feed vs. Tangential Feed**



**Involuted Feed**



**Tangential feed**

Graph I  
Particle Diameter VS. Particle Recovery

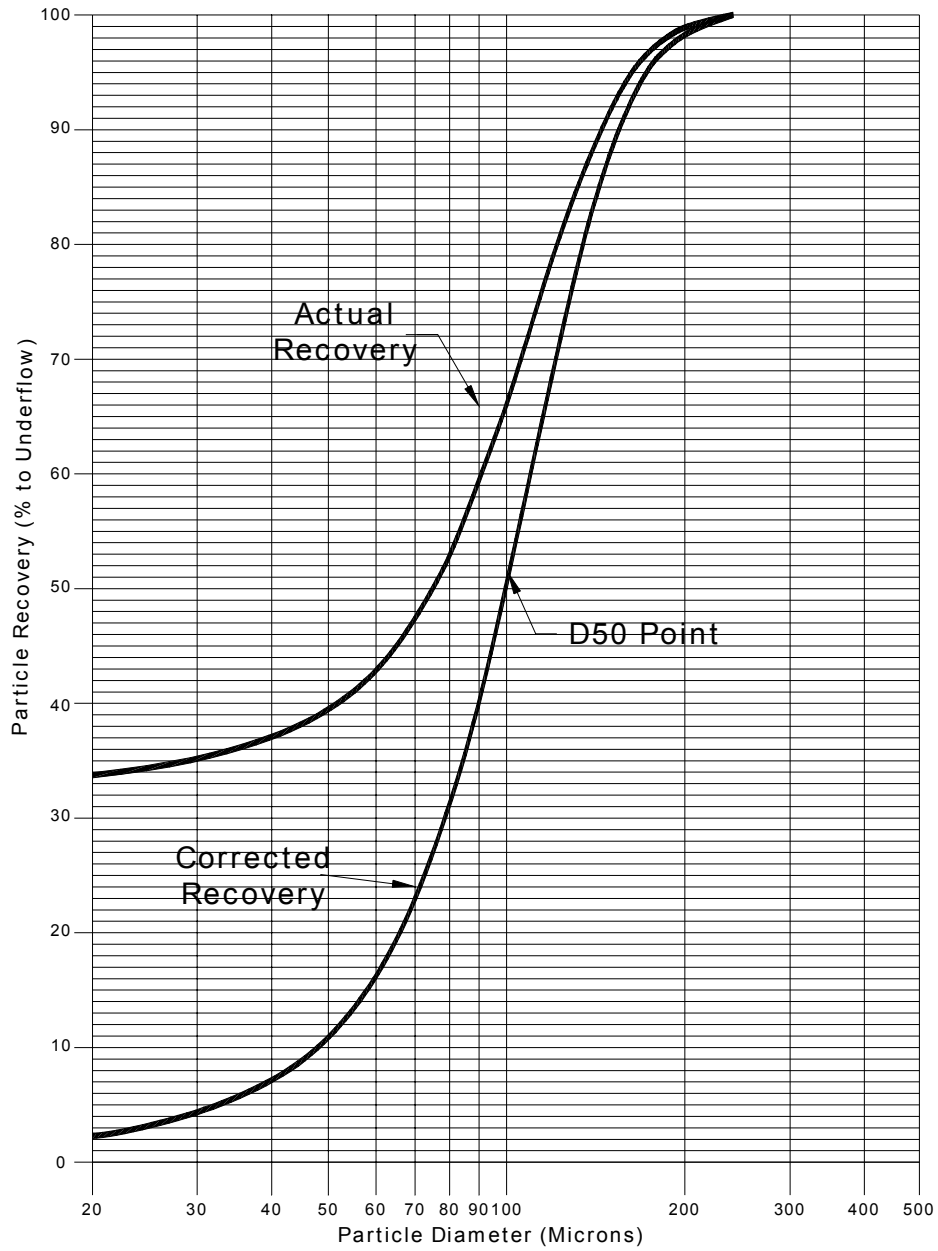
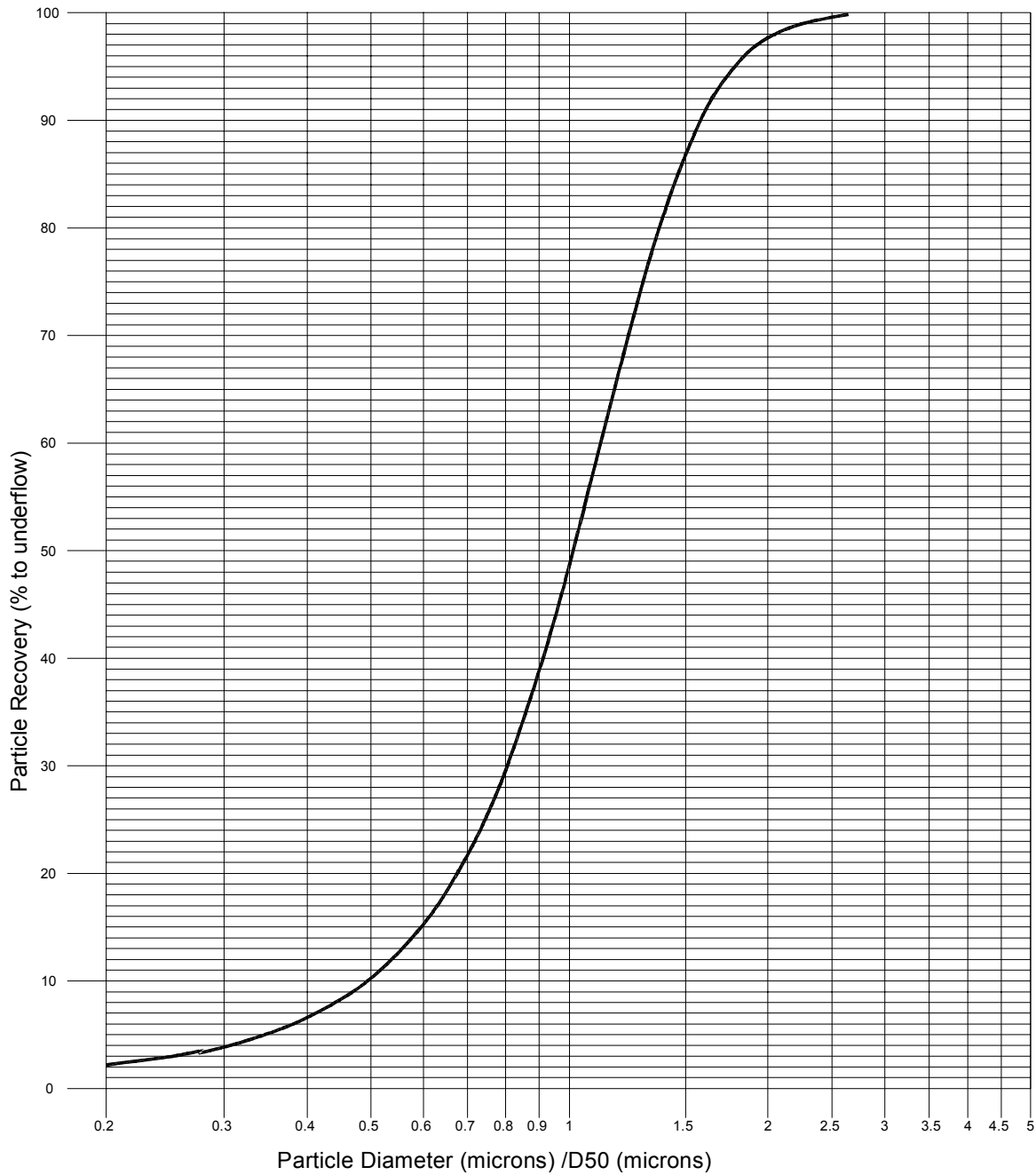


Figure 3. Particle Recovery Curves

# Graph II

## Reduced Recovery



**Figure 4. Reduced Particle Recovery Curve**

### Graph III Cyclone Diameter VS. D50 (For "Typical" Cyclones)

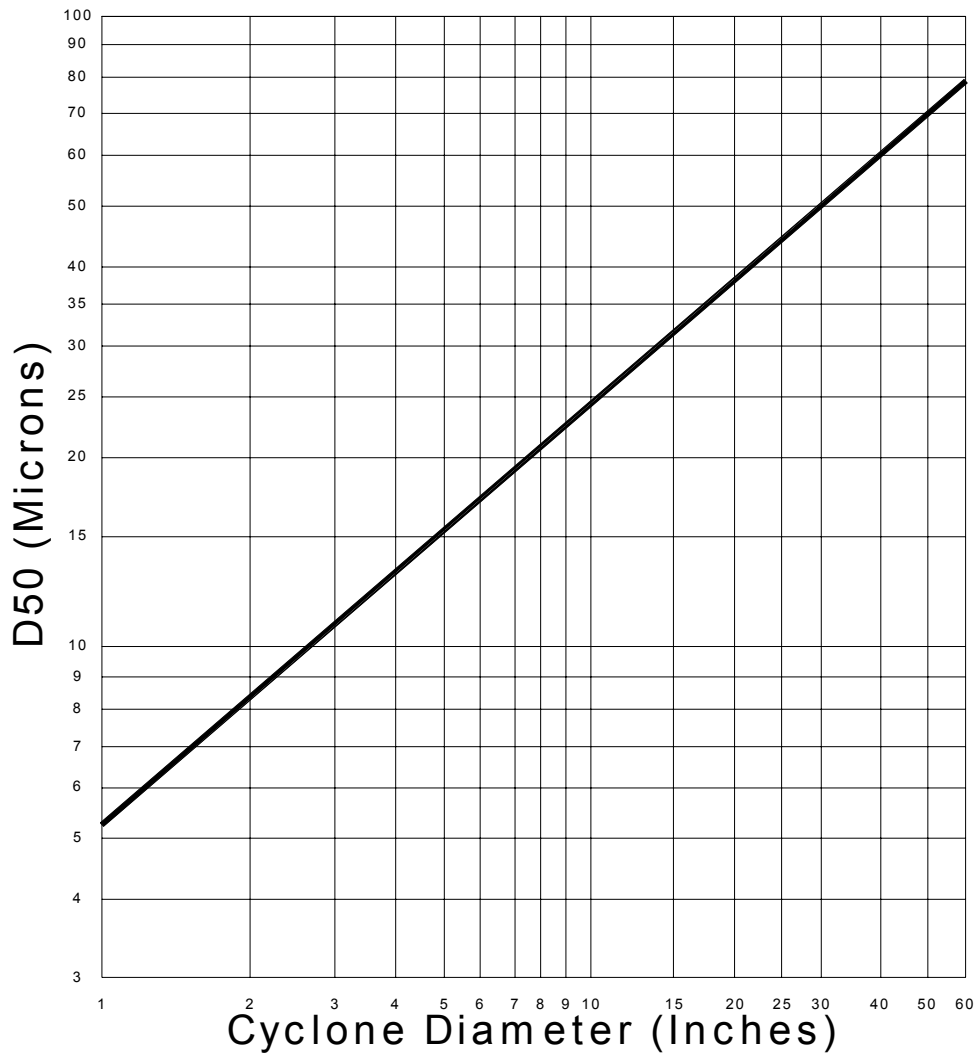
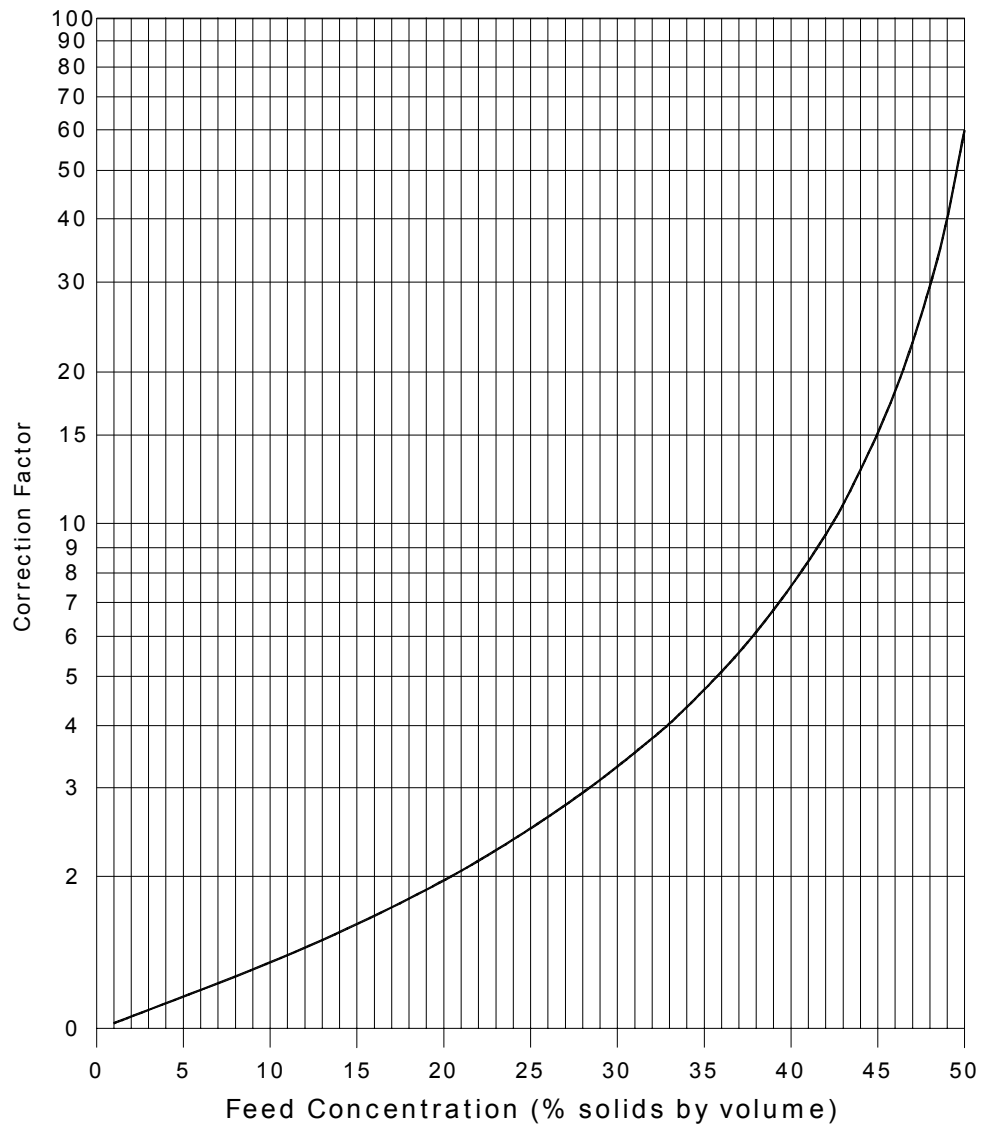


Figure 5. Cyclone Diameter versus D50<sub>c</sub> for Standard Cyclone

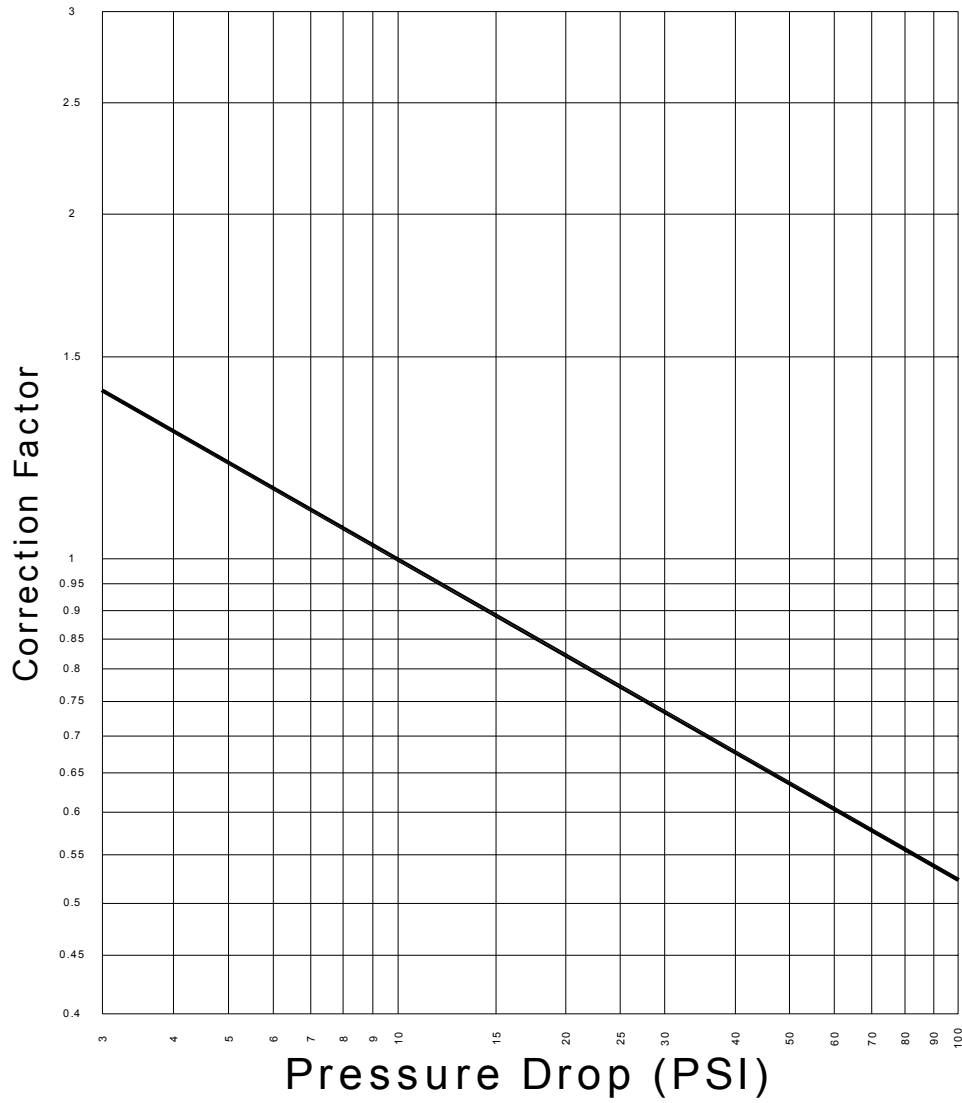
## Graph IV Correction For Feed Concentration



**Figure 6. Influence of Feed Concentration on Separation**



# Graph V Correction For Pressure Drop



**Figure 7. Influence of Pressure Drop on Separation**

Graph VI  
Correction for Solids Specific Gravity  
(in water)

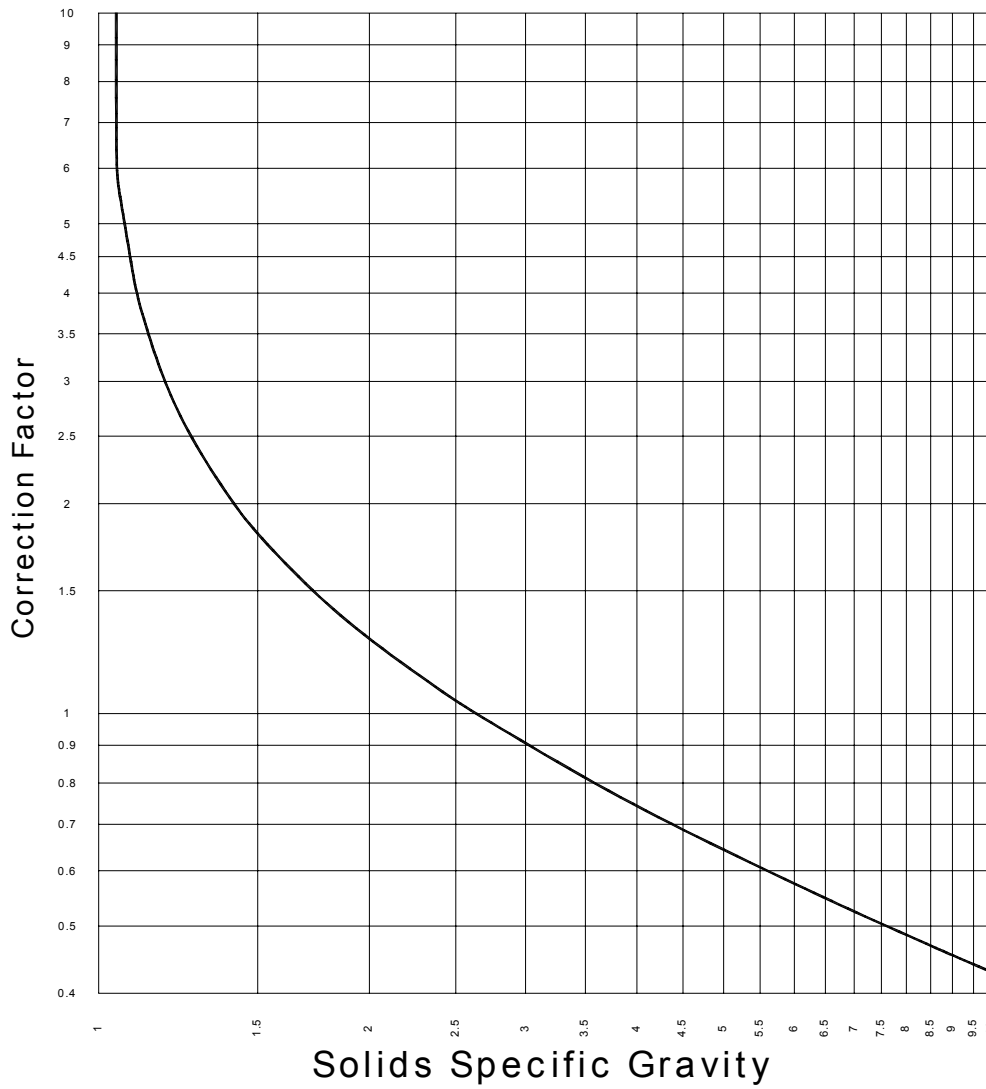
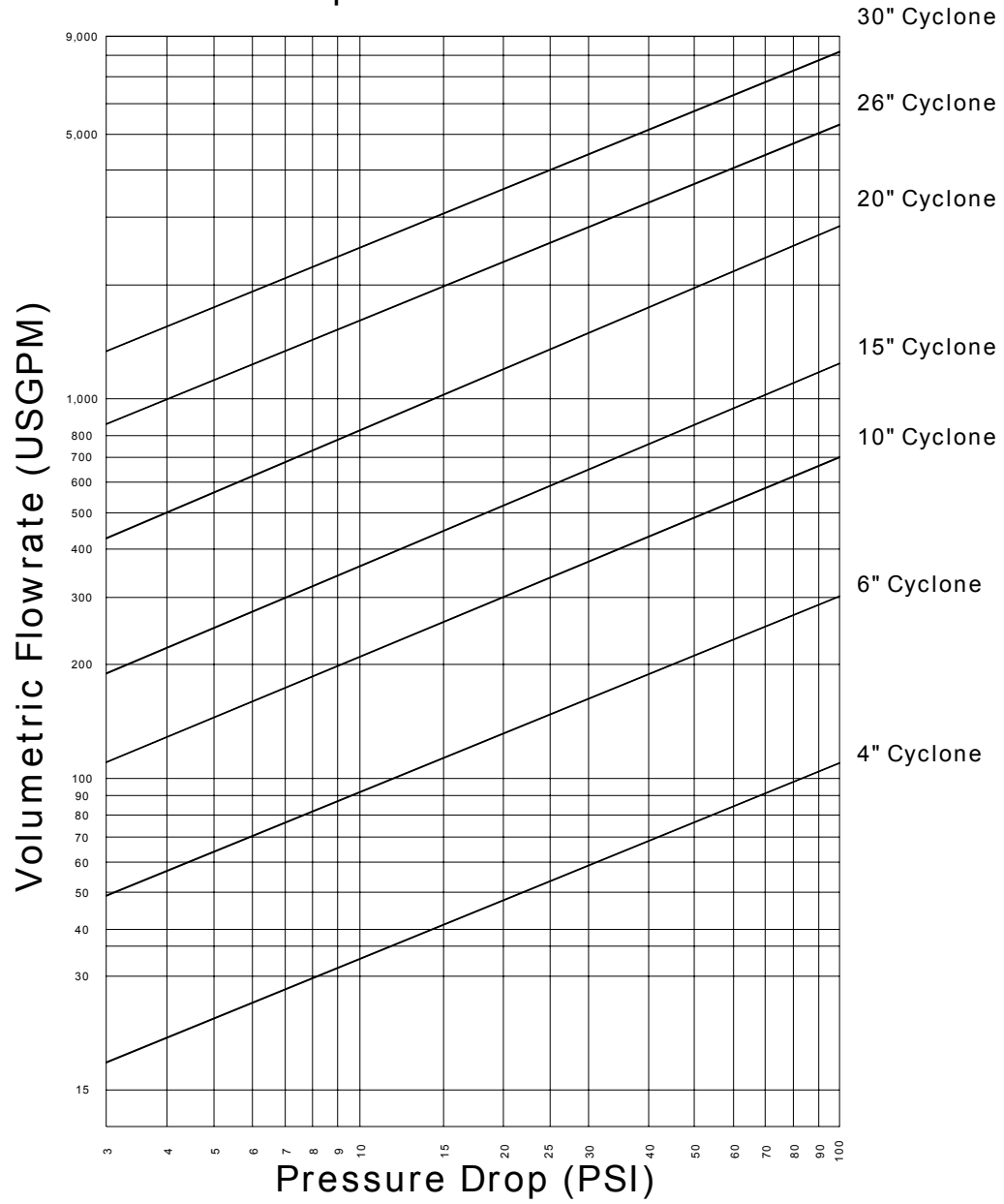


Figure 8. Influence of Solids Specific Gravity on Separation

# Graph VII Pressure Drop VS. Volumetric Flowrate



**Figure 9. Water Capacity for Standard Cyclone**

# Graph VIII Apex Capacity Diameter VS. Flowrate

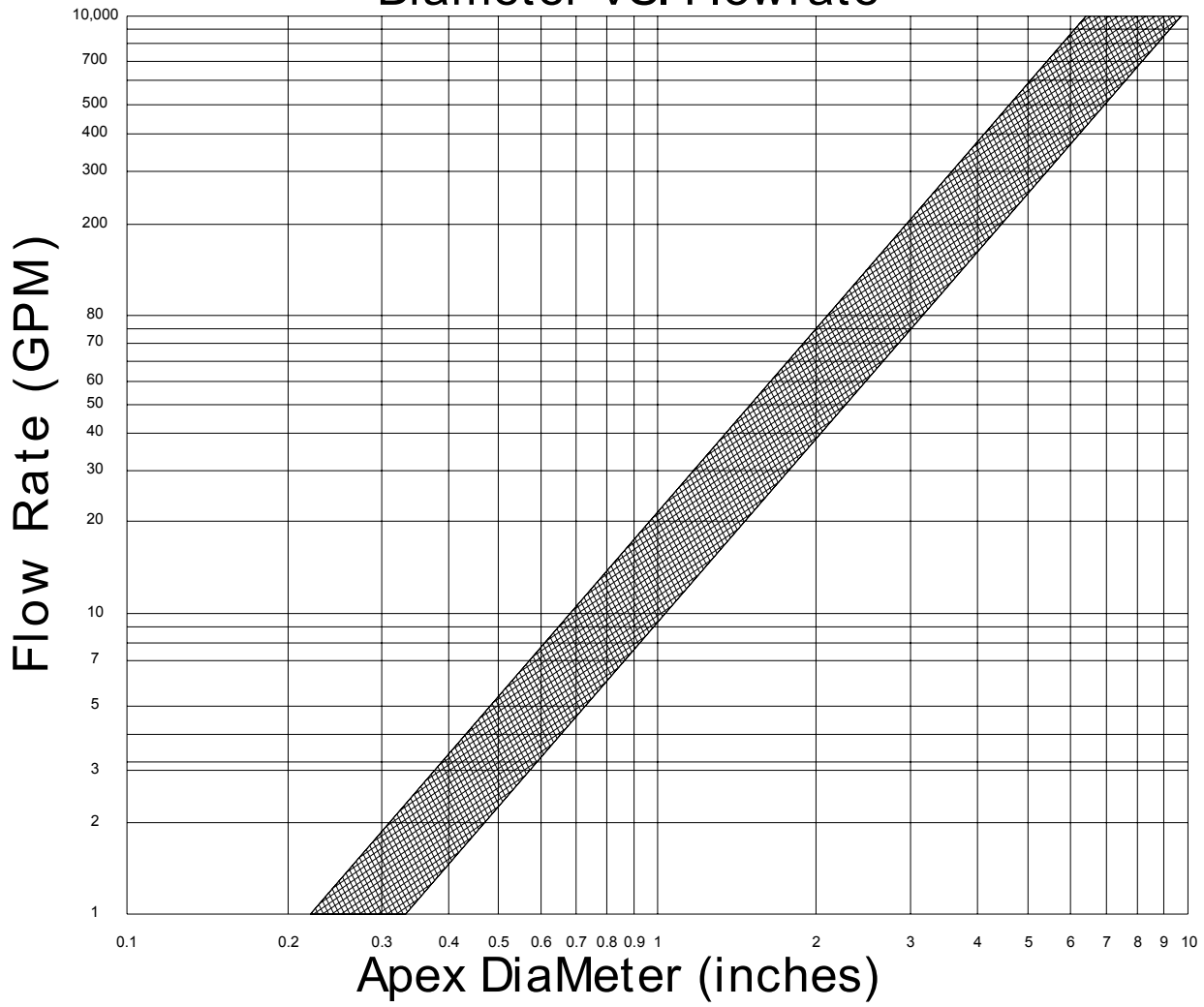


Figure 10. Apex Capacity Curve

**WARMAN INTERNATIONAL LTD**



**WARMAN  
SLURRY PUMPING  
HANDBOOK**

**Australasian Version: Feb 2000**

Warman International Ltd. is the owner of the Copyright subsisting in this Manual. The Manual may not be reproduced or copied in whole or in part in any form or by any means without the prior consent in writing of Warman International Ltd.

## WARNINGS

### IMPORTANT SAFETY INFORMATION

The **WARMAN PUMP** is both a **PRESSURE VESSEL** and a piece of **ROTATING EQUIPMENT**. All standard safety precautions for such equipment should be followed before and during installation, operation and maintenance.

For **AUXILIARY EQUIPMENT** (motors, belt drives, couplings, gear reducers, variable speed drives, etc.) standard safety precautions should be followed and appropriate instruction manuals consulted before and during installation, operation, *adjustment* and maintenance.

*All guards for rotating parts must be correctly fitted before operating the pump including guards removed temporarily for gland inspection and adjustment.*

**DRIVER ROTATION MUST BE CHECKED** before belts or couplings are connected. Personnel injury and damage could result from operating the pump in the wrong direction.

**DO NOT OPERATE THE PUMP AT LOW OR ZERO FLOW CONDITIONS FOR PROLONGED PERIODS, OR UNDER ANY CIRCUMSTANCES THAT COULD CAUSE THE PUMPING LIQUID TO VAPORISE.** Personnel injury and equipment damage could result from the pressure created.

**DO NOT APPLY HEAT TO IMPELLER BOSS OR NOSE** in an effort to loosen the impeller thread prior to impeller removal. Personnel injury and equipment damage could result from the impeller shattering or exploding when the heat is applied.

**DO NOT FEED VERY HOT OR VERY COLD LIQUID** into a pump which is at ambient temperature. Thermal shock may cause the pump casing to crack.

**FOR THE SAFETY OF OPERATING PERSONNEL**, please note that the information supplied in this Manual only applies to the fitting of genuine Warman parts and Warman recommended bearings to Warman pumps.

### LIFTING PUMP COMPONENTS

- Tapped Holes (for Eye Bolts) and Lugs (for Shackles) on Warman Parts are for lifting Individual Parts Only.
- Lifting devices of adequate capacity must be used in conjunction with these assembly and maintenance instructions wherever they are required to be used.
- Sound, safe workshop practices should be applied during all assembly and maintenance work.
- Personnel should never work under suspended loads.

**FULLY ISOLATE THE PUMP** before any maintenance, inspection or troubleshooting involving work on sections which are potentially pressurised (eg casing, gland, connected pipework) or involving work on the mechanical drive system (eg shaft, bearing assembly, coupling):-

- Power to the electric motor must be isolated and tagged out.
- It must be proven that the intake and discharge openings are totally isolated from all potentially pressurised connections and that they are and can only be exposed to atmospheric pressure.

# CONTENTS

<b>WARNINGS</b> .....	<b>2</b>
<b>CONTENTS</b> .....	<b>3</b>
<b>SECTION 1: INTRODUCTION</b> .....	<b>5</b>
1.1 Purpose of this Handbook .....	5
1.2 Definition of a Slurry .....	5
1.3 Characteristics of a Slurry .....	5
1.4 What is a Slurry Pump .....	5
1.5 Components of a Slurry Pump .....	6
1.6 Range of Applications of a Slurry Pump .....	8
1.7 Concepts of Material Selection .....	9
<b>SECTION 2: DEFINING YOUR APPLICATION &amp; CONSTRAINTS</b> .....	<b>11</b>
2.1 Properties of a Slurry .....	11
2.2 Volume/Flow Rate .....	15
2.3 Pipeline Length .....	15
2.4 Static Head Required .....	15
2.5 Pipe Size .....	15
2.6 Pump Performance Graphs .....	16
2.7 System Resistance Curves .....	18
2.8 Other Design Constraints .....	20
<b>SECTION 3: SELECTING THE APPROPRIATE PUMP</b> .....	<b>27</b>
3.1 Determine the Flow Rate .....	27
3.2 Determine the Static Head .....	27
3.3 Determine the Pump Head & Efficiency Corrections .....	27
3.4 Determine the Pipe Diameter .....	27
3.5 Calculate the Friction Head Loss .....	27
3.6 Calculate the Total Dynamic Head .....	28
3.7 Select Pump Type & Materials .....	28
3.8 Pump Selection .....	28
3.9 Determine the Pump Speed .....	29
3.10 Calculate the Required Power .....	29
3.11 Additional Design Considerations .....	29
3.12 Typical Pump Calculation .....	32
<b>APPENDIX 1 – PUMP TYPES</b> .....	<b>37</b>
Introduction .....	37
Horizontal Pumps - Lined .....	37
Horizontal Pumps - Unlined .....	40

Vertical Pumps .....	44
Jet Pumps .....	47
<b>APPENDIX 2 – MATERIALS .....</b>	<b>48</b>
Introduction .....	48
<b>APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES.....</b>	<b>57</b>
Introduction .....	57
Homogeneous Slurries: (Particles Essentially all Finer than 50µm) .....	57
Heterogeneous Slurries: Category ‘A’ .....	57
Heterogeneous Slurries: Category ‘B’ .....	59
Heterogeneous Slurries: Category ‘C’ .....	60
Heterogeneous Slurries: Category ‘D’ .....	60
Estimation of Friction Head Losses for Clear Water .....	60
<b>APPENDIX 4 – TOTAL DYNAMIC HEAD.....</b>	<b>64</b>
Abstract.....	64
Relationships between Head, Specific Gravity and Pressure or Vacuum .....	65
Total Dynamic Head.....	65
Estimation of Total Dynamic Head .....	67
Separate Estimates of Suction Head & Discharge Head .....	67
<b>APPENDIX 5 – LIMITING SETTLING VELOCITY .....</b>	<b>71</b>
General Notes .....	71
Determination of Limiting Settling Velocity.....	71
Effect of Pipe Diameter on Limiting Velocity .....	73
<b>APPENDIX 6 – NET POSITIVE SUCTION HEAD (NPSH).....</b>	<b>74</b>
General Notes .....	74
Formulae for NPSHa .....	75
<b>APPENDIX 7 – SERIES PUMPING .....</b>	<b>79</b>
General Notes .....	79
Single Pump.....	79
Two-Stage Pump Unit .....	80
Four-Stage Pump Unit.....	80
<b>NOMENCLATURE.....</b>	<b>82</b>



## **Section 1: INTRODUCTION**

### **1.1 PURPOSE OF THIS HANDBOOK**

This handbook has been compiled to enable you to better evaluate your slurry pumping requirements, and to provide guidelines for selecting the correct slurry pump for your application.

### **1.2 DEFINITION OF A SLURRY**

A slurry can be a mixture of virtually any liquid combined with some solid particles. The combination of the type, size, shape and quantity of the particles together with the nature of transporting liquid determine the exact characteristics and flow properties of the slurry.

### **1.3 CHARACTERISTICS OF A SLURRY**

Slurries can be broadly divided into the two general groups of non-settling or settling types. Non-settling slurries entail very fine particles which can form stable homogeneous mixtures exhibiting increased apparent viscosity. These slurries usually have low wearing properties but require very careful consideration when selecting the correct pump and drive, because they often do not behave in the manner of a normal liquid. When fine solids are present in the slurry in sufficient quantity to cause this change in behaviour away from a normal liquid, they are referred to as being non-Newtonian.

Settling slurries are formed by coarser particles and tend to form an unstable mixture and therefore particular attention must be given to flow and power calculations. These coarser particles tend to have higher wearing properties and form the majority of slurry applications. This type of slurry is also referred to as being heterogeneous.

### **1.4 WHAT IS A SLURRY PUMP**

There are a large number of differing pump types used in the pumping of slurries. Positive displacement and special effect types such as Venturi eductors are used but by far the most common type of slurry pump is the centrifugal pump. The centrifugal slurry pump utilises the centrifugal force generated by a rotating impeller to impart energy to the slurry in the same manner as clear liquid type centrifugal pumps.

However, this is where the similarities end.

Centrifugal slurry pumps need to consider impeller size and design, its ease of maintenance, the type of shaft seal to be used and the choice of the optimum materials. This is needed to withstand wear caused by the abrasive, erosive and often corrosive attack on the materials. Many other important considerations are also required.

The centrifugal slurry pump must be designed to allow the passage of abrasive particles which can at time be extremely large. The largest Warman slurry pump, for example, can pump particles up to 530mm in spherical size.

Slurry pumps therefore need much wider and heavier impellers to accommodate the passage of large particles. They must also be constructed in special materials to withstand the internal wear caused by the solids.

Refer to [APPENDIX 2 – MATERIALS](#) for further details on these special materials. To achieve lower operating speeds, slurry pumps are also generally larger in size than a comparable clear liquid pump in order to minimise wear within the pump. Bearings and shafts also need to be much more robust and rigid. Refer [APPENDIX 1 – PUMP TYPES](#) to for further details of the various Warman pump types.

## 1.5 COMPONENTS OF A SLURRY PUMP

### 1.5.1 IMPELLERS

The impeller is the main rotating component which normally has vanes to impart the centrifugal force to the liquid. Usually, slurry pump impellers have a plain or a Francis type vane (see [Figure 1-1](#)).

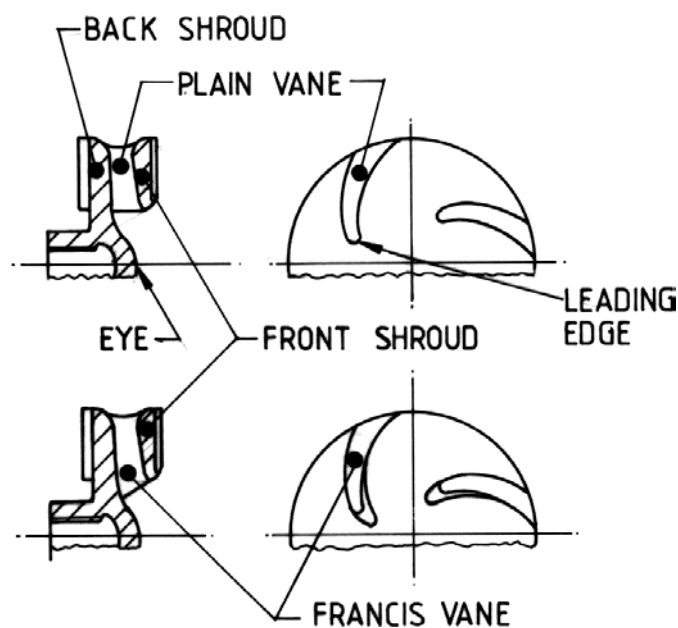


FIGURE 1-1 IMPELLER VANE PROFILES

The plain vane has a leading edge square to the back shroud, whereas the Francis vane has a leading edge projecting into the impeller eye.

Some advantage of the Francis vane profile are the higher efficiency, improved suction performance and slightly better wear life in certain types of slurry because the incidence angle to the fluid is more effective.

The plain vane type impeller exhibits better wear life characteristics in very coarse slurry applications or where the mould design precludes the Francis type where an elastomer impeller is required.

The number of impeller vanes usually varies between three and six depending on the size of the particles in the slurry.

Slurry impellers are more commonly of the closed type as illustrated (with a front shroud) but open type impellers (without a front shroud) are sometimes used for special applications.

Impellers are generally closed because of higher efficiencies and are less prone to wear in the front liner region. Open impellers are more common in smaller pumps or where particle blockage may be a problem or where the shear provided by an open impeller is an aid to pumping froth.

Another feature of slurry pump impellers is the pump out or expelling vanes on the back and front shrouds. These perform the dual function of reducing pressure (thus inhibiting recirculating flow back to the impeller eye, and reducing stuffing box pressure) and keeping solids out of the gaps between the casing and impeller by centrifugal action.

The impeller design is crucial as it influences flow patterns and ultimately, wear rates throughout the pump.

The wide range of Warman standard impellers cover most slurry pumping duties or special non-standard designs are also available. Some examples of standard and non-standard impellers are shown in [Figure 1-2](#).

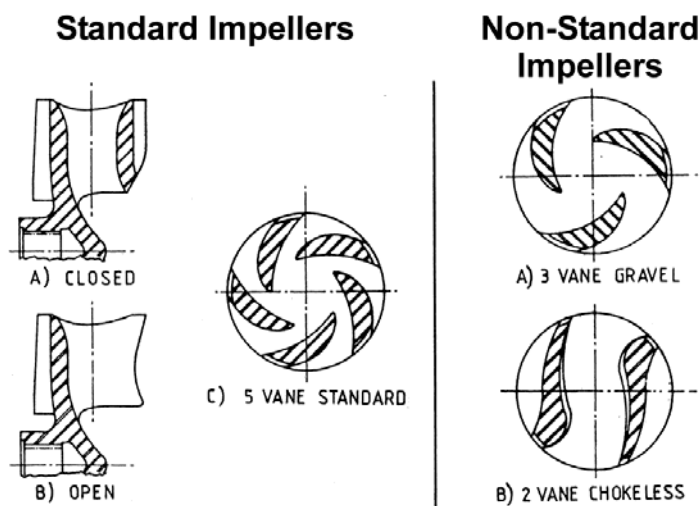


FIGURE 1-2 STANDARD AND NON-STANDARD IMPELLER TYPES

Some typical examples of the need for the non-standard impellers are:

**a) Pumping coarse coal**

Large particles may cause blockages with a standard 5 vane closed impeller. A special large-particle 4 vane impeller may be required.

**b) Pumping fibrous material**

Long Fibres may get caught around the vane entrance of standard impellers. A special chokeless impeller can be used for these duties.

**c) Reduced diameter impellers**

In some special cases, reduced diameter impellers are required but are generally avoided as impeller wear is higher than with full diameter impellers as illustrated in [Figure 1-3](#).

**d) Reduced eye impellers**

In some extremely high wearing applications such as mill discharge, a special impeller with a reduced eye can prolong impeller wear life.

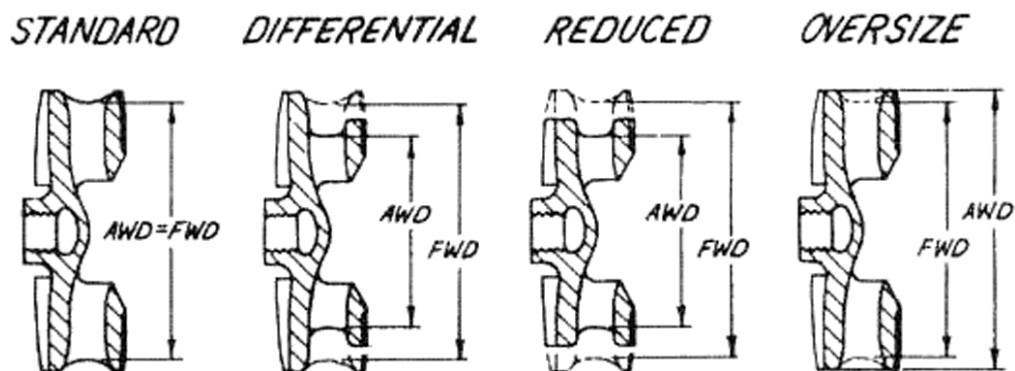


FIGURE 1-3 REDUCED DIAMETER IMPELLERS

## 1.5.2 CASINGS

Most slurry pump casings are “slower” than their water pump cousins, primarily to reduce wear through lower internal velocities.

The casing shape is generally of a semi-volute or annular geometry, with large clearance at the cutwater. These differences are illustrated in [Figure 1-4](#).

Efficiencies of the more open casings are less than that of the volute type, however, they appear to offer the best compromise in terms of wear life.

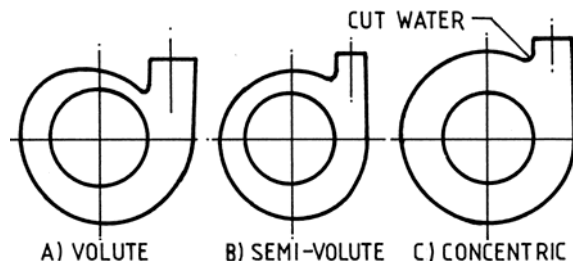


FIGURE 1-4 PUMP CASING SHAPES

## 1.6 RANGE OF APPLICATIONS OF A SLURRY PUMP

Slurry pumps are used widely throughout the beneficiation section of the mining industry where most plants utilise wet separation systems. These systems usually require the movement of large volumes of slurry throughout the process.

Slurry pumps are also widely used for the disposal of ash from thermal power plants. Other areas where slurry pumps are used include the manufacture of fertilisers, land reclamation, mining by dredges, and the long distance transportation of coal and minerals.

Increased global focus on environmental and energy constraints will certainly generate much wider uses for slurry pumping in years to come.

## 1.7 CONCEPTS OF MATERIAL SELECTION

Selection of the type of materials to be used for slurry pumping applications is not a precise procedure. The procedure must first account for all the factors (variable characteristics) of the particular slurry. The procedure must take into account the constraints imposed by the following:

- a) type of pump,
- b) pump speed, and
- c) options within the range of the models available.

The basic data required to make a selection of the type of material is:

- a) the particle sizing of the solids to be pumped,
- b) the shape and hardness of these solids, and
- c) the corrosive properties of the “liquid” component of the slurry to be pumped.

The material selection for the pump liners and impellers is made from two basic types of materials:

- a) elastomers, and
- b) wear/erosion resistant cast alloys

### 1.7.1 ELASTOMERS

The criteria for selection of the three elastomers commonly used are:

- a) **Natural Rubber**
  - i) Excellent erosion resistance for liners (against solids up to 15mm size), but limited to particles of 5mm size for impellers.
  - ii) May not be suitable for very sharp edged solids.
  - iii) May be damaged by oversized solids or trash.
  - iv) Impeller peripheral speed should be less than 27.5 m/s, to avoid the thermal breakdown of the liner, adjacent to the outer edge of the impeller. (Special formulations are available to allow speeds up to 32 m/s in certain cases).
  - v) Unsuitable for oils, solvents or strong acids.
  - vi) Unsuitable for temperatures in excess of 77°C.

**b) Polyurethane**

- i) Used for pump side liners, where the peripheral speed of the impeller is higher than 27.5 m/s, (and precluding the use of standard rubber) and used for impellers where occasional trash may damage a rubber impeller.
- ii) Erosion resistance is greater where erosion is of a sliding bed type rather than one of directional impact. (See [Figure 2-2](#)).
- iii) Has less erosion resistance to fine solids than natural rubber. Has greater erosion resistance to coarse sharp edged particles than natural rubber, in some circumstances.
- iv) Unsuitable for temperatures exceeding 70°C and for concentrated acids and alkalis, ketone, esters, chlorinated and nitro hydrocarbons.

**c) Synthetic Elastomers: Neoprene, Butyl, Hypalon, Viton A and others**

These are used in special chemical applications under the following conditions:

- i) Not as erosion resistant as natural rubber.
- ii) Have a greater chemical resistance than natural rubber or polyurethane.\*
- iii) Generally allows higher operating temperature than natural rubber or polyurethane.\*

\* Refer to Warman for chemical resistance and temperature limits of individual synthetic rubbers.

**1.7.2 WEAR/EROSION RESISTANT CAST ALLOYS**

Wear resistant cast alloys are used for slurry pump liners and impellers where conditions are not suited to rubber, such as with coarse or sharp edged particles, or on duties having high impeller peripheral velocities or high operating temperatures.

NOTE: Unlined pumps are generally available only in these types of alloys.

## Section 2: DEFINING YOUR APPLICATION & CONSTRAINTS

### 2.1 PROPERTIES OF A SLURRY

#### a) Abrasion

Abrasive wear occurs when hard particles are forced against and move relative to a solid surface. **Figure 2-1** illustrates the 3 major types of abrasion: Gouging, High Stress Grinding and Low Stress Grinding.

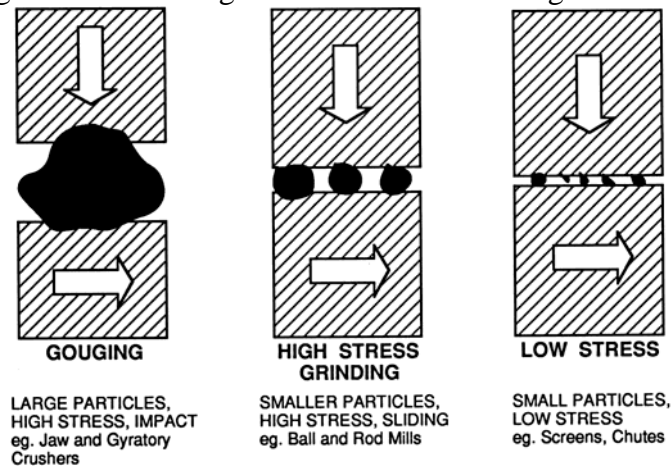


FIGURE 2-1 THREE MAIN MODES OF ABRASIVE WEAR

In a centrifugal slurry pump, abrasion only occurs in two areas:

- i) Between the rotating impeller and the stationary throatbush, and
- ii) In between the rotating shaft sleeve and the stationary packing.

Abrasion, although used to cover all types of wear, is quite distinct to erosion.

#### b) Erosion

In slurry pump applications, the dominant mode of wear is erosion. Erosion is a form of wear involving the loss of surface material by the action of particles entrained in the fluid. Erosion involves a transfer of kinetic energy to the particle, which does not occur in abrasion.

The transfer of kinetic energy from the particle to the surface results in a high contact stress. Whilst the overall contact pressure at each impact site is small, the specific contact pressure is high, because of the irregular shape of the particles.

There are three basic types of erosion: sliding bed, random impact and directional impact. These are illustrated in Figure 2-2.

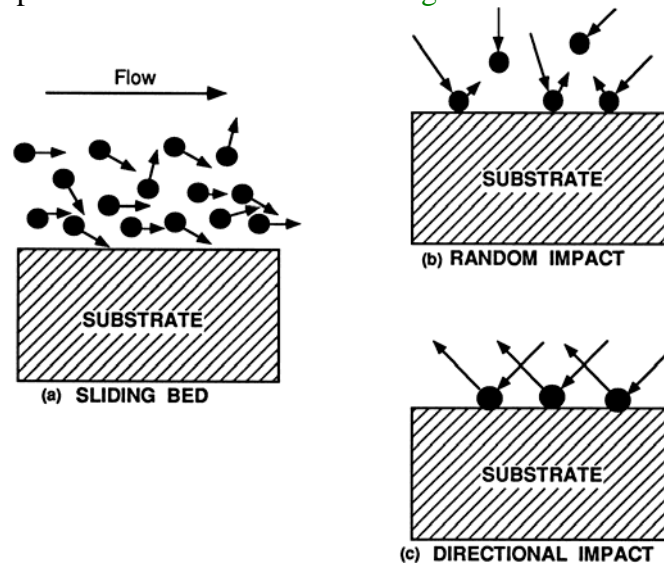


FIGURE 2-2 THREE MAIN MODES OF EROSIVE WEAR

Pump impellers, side liners and volutes wear due to quite different mechanisms as follows:

- i) Pump impellers are subjected to a combination of direct impingement (on the leading edge of the vane and at the base of the vane where it joins the back shroud), sliding bed wear and low angle impingement (along the vanes and further inside the passage between the shrouds).
- ii) Side liners are mainly subjected to sliding bed wear and some low angle impingement.
- iii) Volute are subjected to direct impingement on the cutwater and sliding bed erosion around the periphery.

#### c) Corrosion

The corrosion of metals involves the flow of electrical current. Since deterioration depends on electrical factors, as well as chemical factors, it is an extremely complex phenomena. The basis of the corrosion process ( $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^{-}$ , in the case of iron) corresponds to the action of the anode in an electro-chemical wet battery cell. At the surface of the anode, an electrical charge is transferred from the metal to the liquid (electrolyte). The electrons removed from the region of the anodic reaction flow to the cathode, which then serve as the source of electrons for the cathodic reaction. The electrode reactions vary greatly, depending on the nature of the corroding material and of the corrosive environment.

There are many different types of corrosion, some of which are: uniform; galvanic; crevice; pitting; intergranular; selective leaching; stress and erosion/corrosion. The latter is the most important in slurry applications because the two effects (erosion and corrosion) work together and are often difficult to identify separately.



Elastomers are commonly degraded by many gaseous and liquid environments. Elastomers vary in their ability to absorb a gas or liquid and in their tendency to be dissolved in a solvent. Elastomers dilate when partial absorption or dissolution occurs and this can drastically affect the strength and modulus of elasticity of the material. This results in a deterioration of the wear resistance of the elastomer.

Chemical resistance is a broad term used to describe the deterioration of materials when they are immersed in either a static or slowing fluid.

In the case of an elastomer, chemical resistance may refer to resistance to corrosion or resistance to dilation, and subsequent loss of strength.

**d) Solids Concentration**

The adverse effects on pump performance caused by solids in a slurry, compared with the pump performance when pumping clear water, are principally due to:

- i) Slip between the fluid and the solid particles during acceleration and deceleration of the slurry while entering and leaving the impeller. This slip of solids, and the associated energy loss, increases as the settling velocity of the particles in the slurry increases.
- ii) Increased friction losses in the pump. These losses increase with the density (and bulk viscosity) of the slurry.

NOTE: In the following text “Head” (H) is the total head developed by the pump, expressed in metres of the actual liquid or mixture being pumped. For pumping water, we designate the total head developed by the pump as  $H_w$  (expressed in metres of water) and for pumping a slurry mixture we use the term  $H_m$  (expressed in metres of slurry mixture).

The expression Head Ratio (HR) is the ratio:  $\frac{H_m}{H_w}$  where  $H_m$  and  $H_w$  have the above meanings when the pump handles the same flow rate of water (for  $H_w$ ) or mixture (for  $H_m$ ) and the pump speed is the same, in both cases.

The HR is equal to unity for water but decreases as the concentration of solids increases in the slurry mixture. The HR for any given slurry is affected by the particle size and specific gravity of the solids as well as the volumetric concentration of solids in the mixture.

The HR cannot be determined theoretically, but an empirical formula has been developed, from numerous tests and field trials, that allows reliable estimates in most cases.

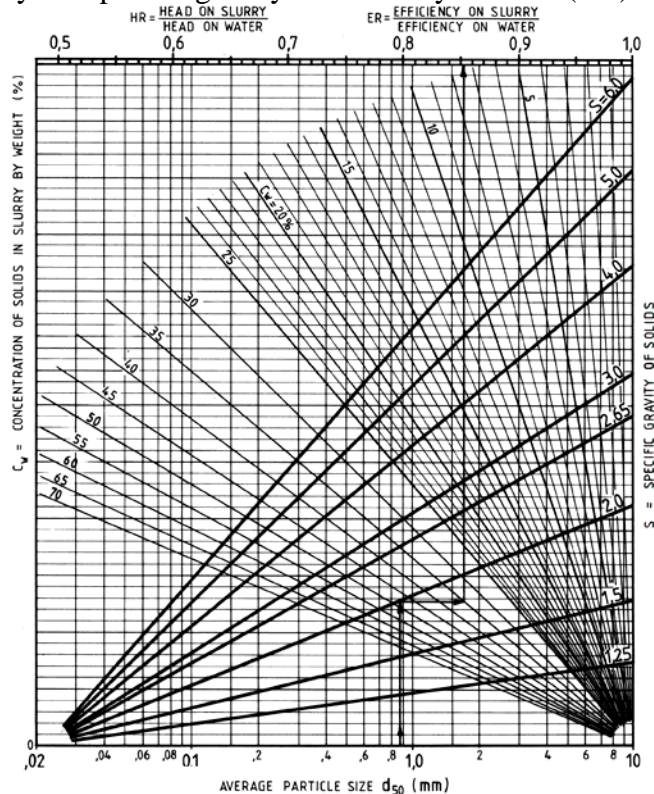
In addition to lowering the head developed by the pump, a rise in solids concentration also reduces the pump efficiency. At high concentrations, this reduction in efficiency could be considerable. For any given pump, it becomes more pronounced with an increase in size of the particles being pumped.

NOTE: In the following text, the symbol “ew” is used to indicate the pump efficiency when pumping water whilst “em” denotes the pump efficiency when pumping a slurry mixture.

The expression Efficiency Ratio (ER) is the ratio:  $\frac{em}{ew}$  when the pump is handling the same flow rate of water or of slurry mixture and the pump speed is the same in both cases.

Figure 2-3 has been developed, from test and field results, to enable a reasonable estimation of HR and ER in most practical cases. Using this chart, the pump speed required by a centrifugal pump, when pumping a slurry mixture, will be higher than that indicated by the clear water performance curves.

Similarly, the power required by a centrifugal pump, pumping a slurry mixture will be higher than the value obtained by simply multiplying the clear water power value, by the specific gravity of the slurry mixture (Sm).



This chart applies to mixtures of Solids and Water only.  
For mixtures of Solids and Heavy Media or with Liquids other than Water refer to Warman Office.

FIGURE 2-3 PERFORMANCE OF CENTRIFUGAL PUMPS ON SLURRY

NOTE: This chart applies to simple mixtures of **SOLIDS AND WATER ONLY**.

e) **Effects on Material Selection**

The properties of the slurry have a direct relationship to the types of materials required for the components within the slurry pump. Further details on the

effects of slurry properties on various types of materials can be found in [Concepts of Material Selection](#). For details of the various material options available, refer to [APPENDIX 2 – MATERIALS](#).

## 2.2 VOLUME/FLOW RATE

The volume of slurry to be transported must be reliably determined before defining a slurry pumping application. Without a clear understanding of the volumetric requirement and possible variations of demand, it would be impossible to adequately compute a pumping system solution. For slurry pumping, the flow rate is determined by a correlation between three factors:

- a) the solids SG,
- b) the tonnage of solids required to be pumped, and
- c) the concentration of these solids within the slurry mixture.

These three factors need to be determined prior to selecting any slurry pump. An example of how the flow rate can be calculated, using these values, is given in [Select Pump Type & Materials](#).

## 2.3 PIPELINE LENGTH

Another prime requisite to the evaluation of a slurry pump system is the determination of the length of the pipeline to be used in the application. Slurry passing through a pipeline creates friction (or drag), against the pipe walls. The longer the pipeline, the greater the friction force to be overcome by the slurry pump. Prior to any pump selection, it is therefore imperative that the actual length of the pipeline, and details of any bends or other pipe variations be established, as accurately as possible. Further details on the calculation of pipeline friction can be found in [APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES](#).

## 2.4 STATIC HEAD REQUIRED

The actual vertical height (static head) over which the slurry is to be lifted must also be accurately determined prior to selecting a pump. This is relatively easy in plant situations, where the vertical heights involved can be measured or obtained from drawings. In the case of overland pipelines, surveying data is often required to obtain this vital information. Variations in the vertical height (normally measured from the liquid level on the intake side of the pump to the discharge point) can have a major impact on the output of any centrifugal pump. It is therefore important that this vertical height (static head) be determined within reasonable accuracy (0.5m) prior to pump selection. Further details in this important element of slurry pumping can be found in [APPENDIX 4 – TOTAL DYNAMIC HEAD](#).

## 2.5 PIPE SIZE

The selection of the optimum pipe diameter is also of critical importance in any slurry pumping system. The use of a pipe that is too small can result in either insufficient flow rate or excessively high power requirements. By way of example, a typical

slurry flow rate of say, 100 litres per second pumped over 1000 metres would generate friction of 1253 metres in a 100mm ID pipe versus only 60 metres in a 150mm ID pipe. Theoretical power consumption would be around 2000 kilowatts for the 100mm pipe compared to only 250 kilowatts for the 150mm pipe.

The velocity at which the slurry is pumped within the pipeline (determined by the flow rate and the pipe diameter) must also be evaluated to ensure sufficient velocity will be available to maintain the solids in suspension, while they are being pumped. If insufficient velocity is available the solid particles will progressively settle within the pipe, ultimately causing a total blockage of the pipe.

For further details on pipe size and selection, refer to [APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES](#) and [APPENDIX 5 – LIMITING SETTLING VELOCITY](#).

## 2.6 PUMP PERFORMANCE GRAPHS

To understand the performance of a centrifugal pump, it is necessary to understand how the performance of individual pumps are determined and presented.

Centrifugal slurry performance is usually presented in the form of a performance graph with the flow rate and the head being plotted for a constant speed. Every individual pump model is subjected to a performance test (normally using clear water) at various speeds to enable the composition of a performance graph showing its full range of capabilities.

A typical pump test performance graph is shown in [Figure 2-4](#).

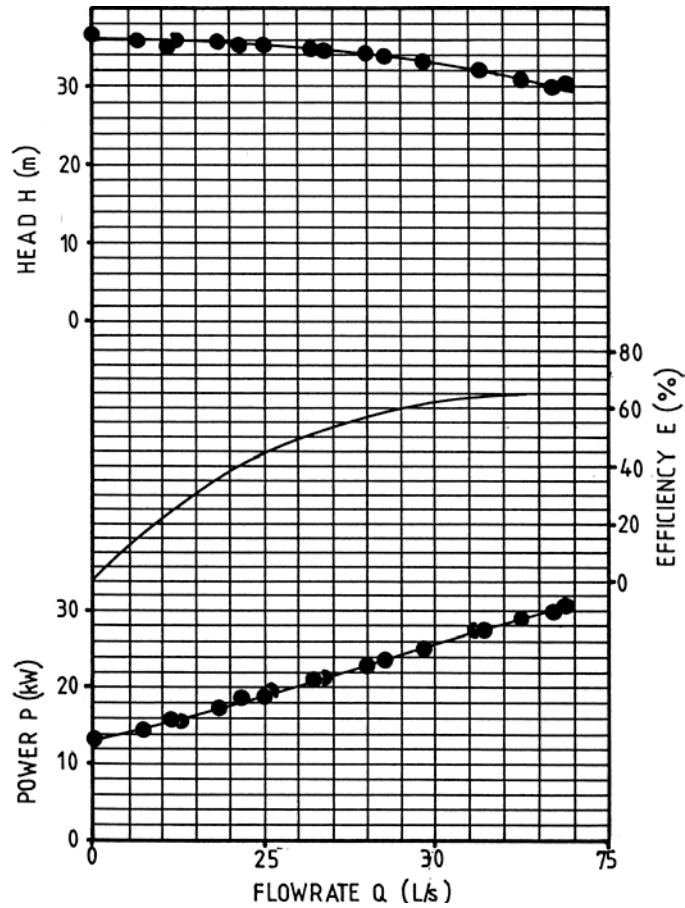


FIGURE 2-4 TYPICAL PUMP PERFORMANCE TEST GRAPH ON WATER

A typical pump performance curve, as issued by Warman, is shown in Figure 2-5.

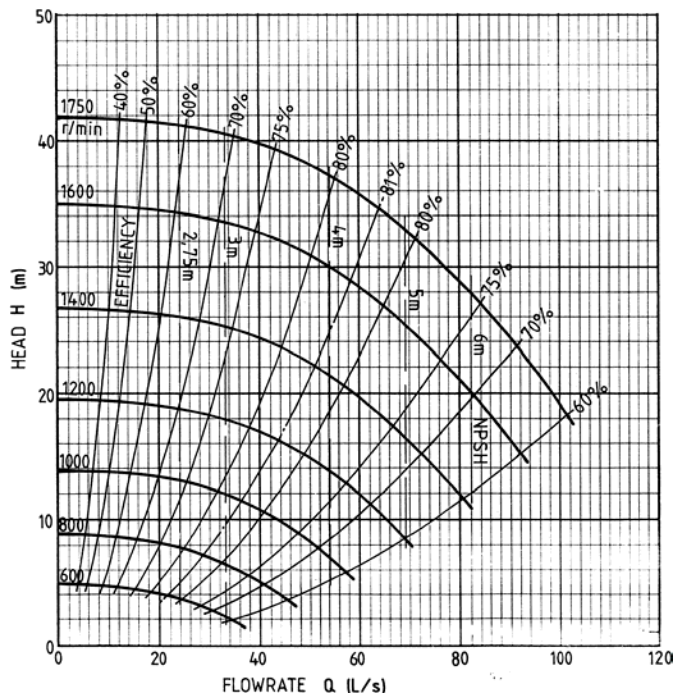


FIGURE 2-5 TYPICAL PUMP PERFORMANCE GRAPH

## 2.7 SYSTEM RESISTANCE CURVES

The characteristics of a centrifugal pump do not allow a fixed capacity output (as with positive displacement pumps) but rather balance the output against the pipe system. The friction in any pipe system increases with flow rate and can be plotted on what is known as a system resistance curve, as shown in [Figure 2-6](#).

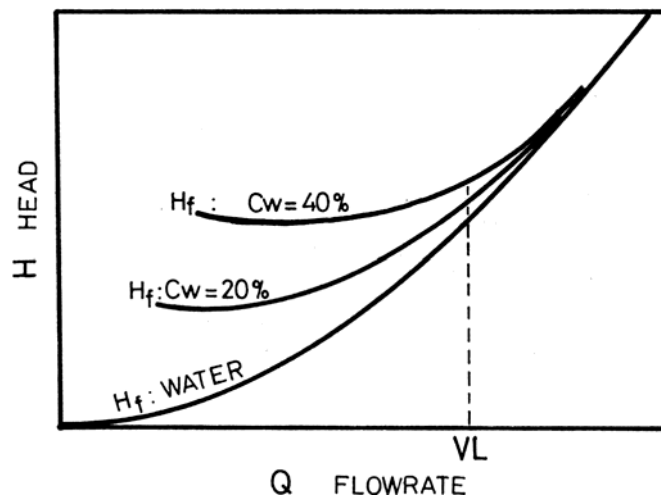


FIGURE 2-6 TYPICAL SYSTEM RESISTANCE CURVE

The intersection of the pump performance curve and the pipe system resistance curve determines the actual pump duty point at which the pump will operate.

This is demonstrated in [Figure 2-7](#).

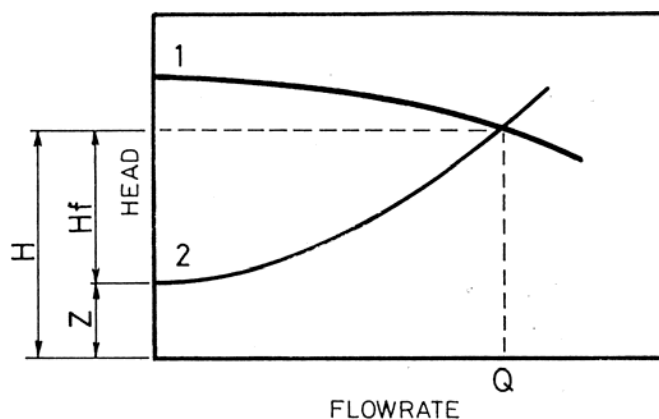


FIGURE 2-7 TYPICAL DUTY POINT CURVE

The pipe system can be defined as all the piping, fittings and devices between the free surface liquid level on the intake side of the pump, to the point of free discharge at the output end of the pipe.

Details on determining the relevant losses that occur in any given system are shown in [APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES](#).

Centrifugal slurry pumps must overcome both the static head and the system resistance to achieve the movement of slurry to the output end of the pipe system.

The friction losses that occur in any given system can be computed against increasing flow rates and plotted against flow rate and head to generate the system resistance curve.

This system resistance curve is in fact peculiar to any particular piping system, and cannot change unless something in the pipe system is changed, for example:

- a) increasing or decreasing the length of pipeline,
- b) varying the diameter of the pipe, or
- c) varying the static had.

Friction loss is usually established for water, and a correction is made to account for variations in the slurry concentration as described in Appendix 3.

It is important that the system resistance curve be determined when evaluating any slurry pump application, to enable the duty point and potential flow rate variations to be assessed correctly.

System graphs, such as [Figure 2-8](#) and [Figure 2-9](#) are helpful in determining the effects of altering the pump speed or altering some aspect of the pipe system.

[Figure 2-8](#) demonstrates the change in flow rate caused by changing the pump speed.

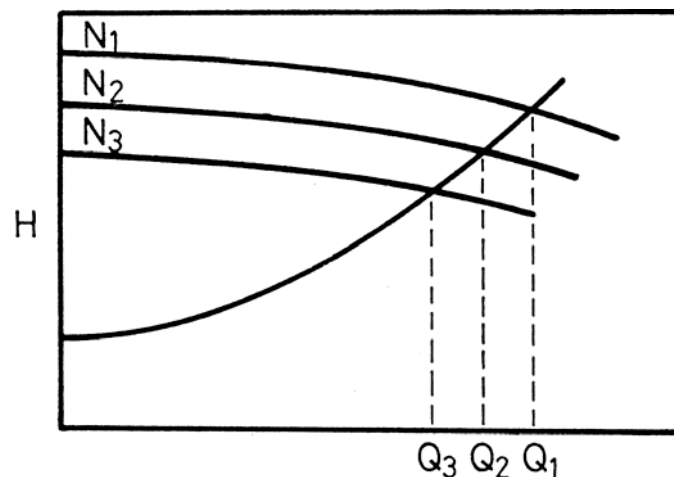


FIGURE 2-8 TYPICAL GRAPH SHOWING PUMP SPEED VARIATIONS

Figure 2-9 demonstrates the change in flow rate caused by changing some aspect of the pipe system.

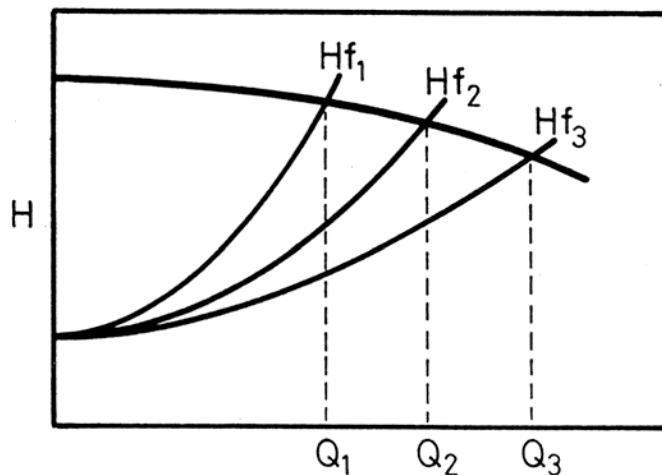


FIGURE 2-9 TYPICAL GRAPH SHOWING SYSTEM VARIATIONS

## 2.8 OTHER DESIGN CONSTRAINTS

### a) Shaft Sealing

The shaft seal is one of the most important mechanical elements in any centrifugal slurry pump and the correct type of seal must be carefully selected to suit each individual pump system. The three most commonly used seal types are as follows:

#### i) Centrifugal (or Dynamic) Seal

The centrifugal seal is a dynamic, dry seal that only operates whilst the pump is rotating and has no seal effect when the pump is stationary. A secondary seal maintains the liquid within the pump when it is stationary. The secondary seal can either be rubber lip seals or grease lubricated packing as illustrated in Figure 2-10.

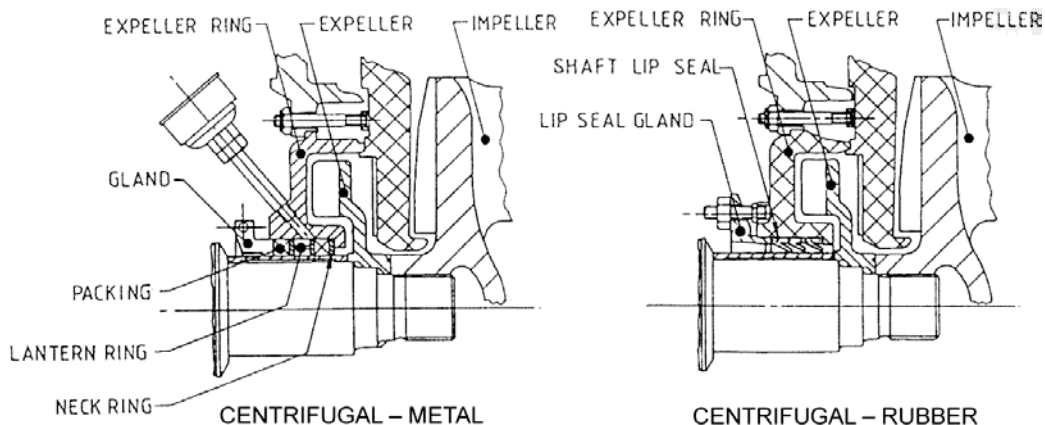


FIGURE 2-10 CENTRIFUGAL (OR DYNAMIC) SEAL ARRANGEMENTS



The centrifugal seal consists of expelling vanes on the back of the impeller and an expeller which rotates in unison with the impeller located in a separate chamber behind the impeller. The expeller acts as a turbine to reduce the pressure of the slurry attempting to escape around the back of the impeller. The expeller forms a pressure ring within the expeller chamber and prevents the slurry from passing into the secondary seal area.

The centrifugal seal is the most common seal used in slurry applications, due to its effectiveness and simplicity, but it is limited by the pump inlet pressure and the pump speed (rpm). Performance data is available for centrifugal seal limitations for specific pump sizes generally as show in [Figure 2-11](#).

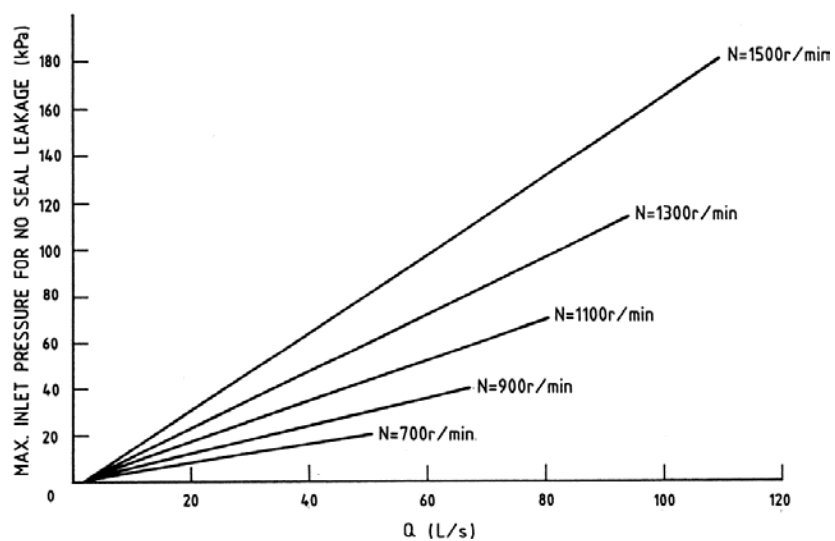


FIGURE 2-11 TYPICAL CENTRIFUGAL SEAL PERFORMANCE CURVE

ii) **Gland**

The soft packed gland seal is the second most commonly used seal in slurry applications. The gland seal comprises a number of soft packing rings, compressed in a chamber (stuffing box) against a protective wear sleeve which is fitted to the pump shaft. This type of seal requires continuous liquid lubrication and cooling between the rotating shaft sleeve and the compressed packing, to prevent over heating due to the friction.

The slurry is not a suitable liquid to provide this function, as the particles would very quickly wear through the protective shaft sleeve. A supplementary external supply of clean flushing water must be provided, to flush the slurry particles away from the seal area, whilst providing the necessary lubrication and cooling required by the packing. The quality, quantity and pressure of this gland sealing water is of prime importance and must be carefully matched to the duty required.

Two alternate gland arrangements are shown in Figure 2-12.

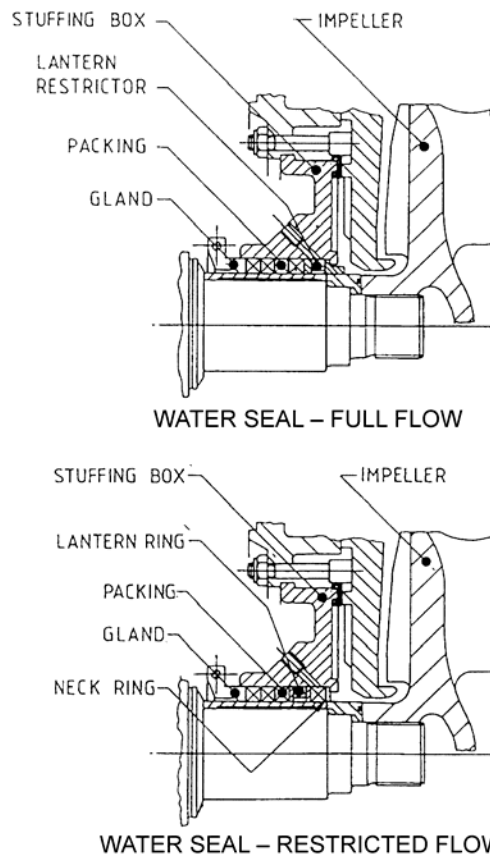


FIGURE 2-12 GLAND SEAL ARRANGEMENTS

iii) **Mechanical Seal**

Mechanical seals are not widely used in slurry applications, but their use in special circumstances is increasing. The mechanical seal consists of a stationary and a rotating face pressed together under mechanical and hydraulic pressure, to prevent leakage.

Alpha grade silicon carbide is the most common material used for manufacture of these seal faces.

The use of mechanical seals in slurry applications requires extreme care and attention due to the limited reliability common in this developing area. Seal costs are relatively high and require substantial justification to warrant their use.

Development of this type of seal however, is being actively carried out by Warman and other seal specialists and it is expected that greater reliability and lower production costs will lead to an increase in their use. Applications where a centrifugal seal cannot be used, and where the addition of water cannot be tolerated, provide the most likely areas for the use of mechanical seals.

A typical seal arrangement is shown in [Figure 2-13](#).

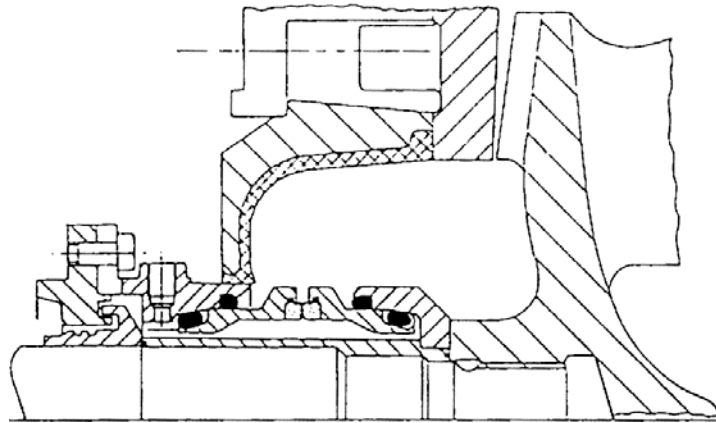


FIGURE 2-13 TYPICAL MECHANICAL SLURRY SEAL

### b) Pump Hoppers

It is often the case for low to medium head duties, where the head and quantity requirement is fixed (or nearly so), to operate the pump at a fixed speed and allow the liquid level on the intake side of the pump to vary naturally.

The variation in liquid level is usually made possible by the use of a pump hopper or some other form of feed tank.

[Figure 2-14](#) illustrates a typical hopper feed system and the natural flow control principle.

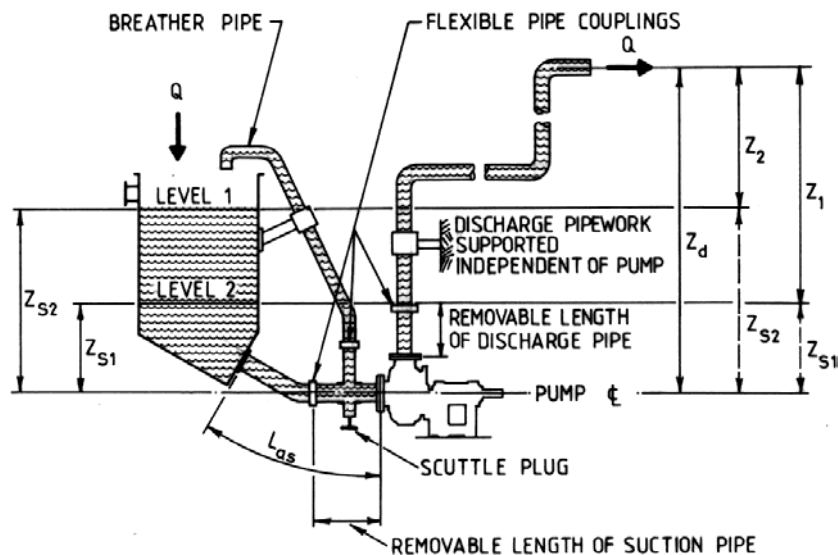


FIGURE 2-14 TYPICAL PUMP HOPPER AND NATURAL FLOW CONTROL PRINCIPLE

Important features of the hopper design are as follows:

- i) The height must be sufficient to provide an adequate reserve.
- ii) The bottom must be sloped at a minimum of  $30^\circ$ , to hinder the accumulation of settled solids.

- iii) The liquid surface area must be sufficiently large to allow a continuous release of entrained air or froth at the free liquid level.
- iv) The outlet axis at the base of the hopper should be sloped at a minimum of 30°, to allow air in the suction pipe to be easily displaced (particularly on startup).
- v) The suction pipe should be as short as possible to facilitate the displacement of air on startup after the pump has been off-line or after the pump has lost its prime.
- vi) The suction pipe should also incorporate a removable, flexible coupling of sufficient distance from the pump flange, to provide access to the pump for maintenance. The support for the remainder of the pipework should be independent of the pump.
- vii) A breather pipe is recommended and other special considerations should be made, when the pump is to handle aerated, frothy or very viscous slurries (refer **Air Locks** paragraph for more details).
- viii) The suction pipe should incorporate a scuttle plug branch in order to drain the pump and the hopper. A full range of standard Warman hoppers are available to suit each size and type of Warman pump.

**c) Air Locks**

Horizontal pumps which are gravity-fed from a conventional hopper filled with frothed slurry, will operate in an unstable (cyclic) manner. The output of the pump will oscillate between full and zero flow rate.

This cyclic performance is caused by intermittent air locking. The centrifugal action of the impeller selectively centrifuges slurry away from the eye of the impeller, leaving a growing air bubble trapped at the eye. This accumulation of air impedes the movement of froth from the hopper into the pump, and eventually the pump flow rate will reduce to zero. Consequently, the intake liquid level increases until it is sufficient to compress this air bubble, allowing the froth to reach the impeller, and full flow rate is restored. Air will again begin to accumulate repeating the cycle.

If the intake liquid level in the feed hopper is insufficient to compress the entrapped air bubble, then flow through the pump will not restart until the pump is stopped long enough to allow the bubble to escape.

This tendency to produce air locks may be avoided, or minimised, by providing a vent pipe to allow the trapped air to be released continuously, as shown in **Figure 2-15**.

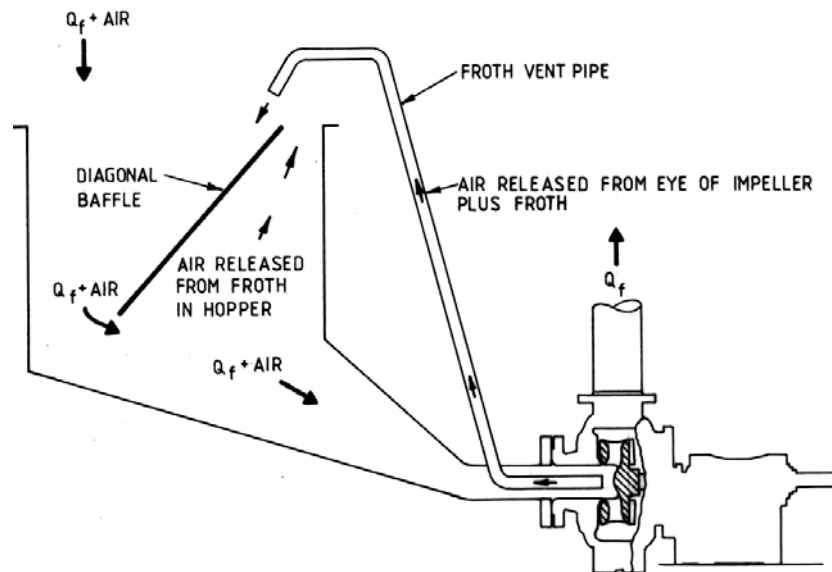


FIGURE 2-15 TYPICAL PUMP HOPPER ARRANGEMENT FOR AERATE OR FROTHY SLURRIES

This arrangement is similar to a normal vent pipe installed, except that the froth vent pipe is extended into the eye of the impeller (to reach the air bubble held by the centrifugal action). The hopper is generally oversized to increase the pressure on the entrapped air bubble.

Sometimes a diagonal baffle is also fitted to the hopper to minimise the regeneration of froth and to assist the escaping air. The feed pipe from the hopper should be extended to a large conical or pyramid shape, to provide an increased entry area for the froth, as close as possible to the pump.

Another solution may be to index the pump heads to the  $+315^\circ + 270^\circ$  disposition, see Figure 2-15, which prevents the entrapment of air (in the upper portion of the casing) by the cutwater. This trapped pocket of air would be displaced towards the eye of the impeller when the pump is started if “Standard Vertical” or other dispositions are selected, see Figure 2-16.

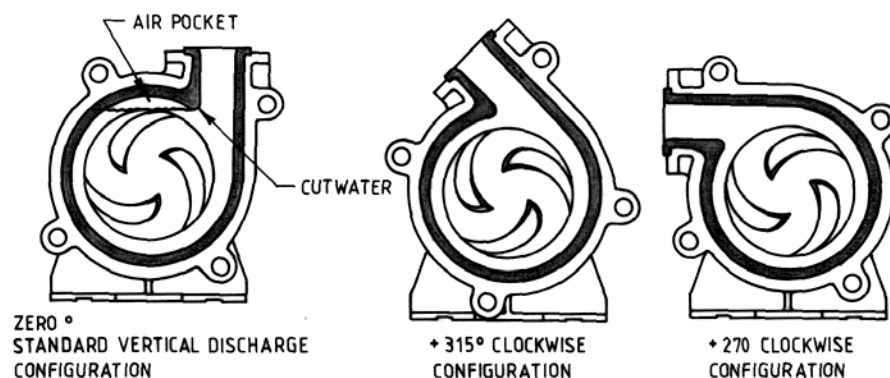


FIGURE 2-16 PUMP DISCHARGE ORIENTATION TO MINIMISE AIR LOCKING

#### d) Head Loss at Exit into Pressure-Fed Equipment

The exit velocity head,  $H_{ve}$ , must be treated as a Head Loss, when the slurry is discharged under pressure into Pressure-Fed equipment, such as hydraulic cyclones (see Figure 2-17) or filter-presses.

$$H_d = Z_d + H_{fd} + H_{ve} + H_{pf}$$

$$= H_{gd} + H_{vd}$$

where  $H_{ve}$  = The velocity head in the pipe at the measurement point of the Gauge Pressure Head,  $H_{pf}$ .

NOTE: If the value of  $H_{pf}$  is specified the value must allow for the head losses downstream of the point of evaluation of  $H_{pf}$ .

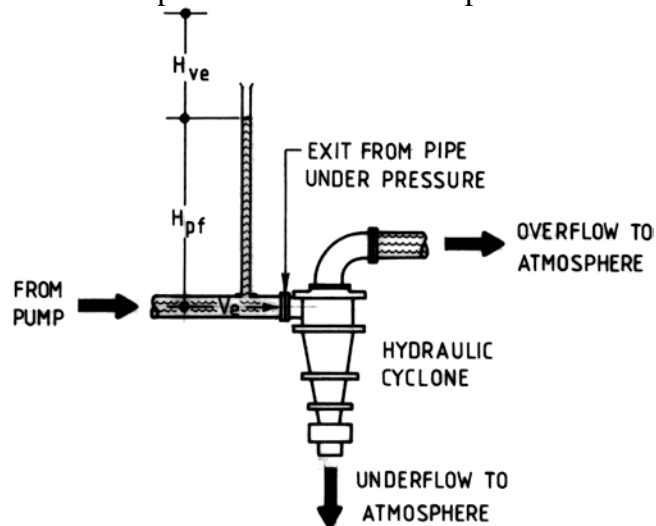


FIGURE 2-17 TYPICAL CYCLONE ARRANGEMENT

#### e) Pump Burst Hazard

The potential hazard presented by operating any centrifugal pump, whilst the intake pipe and the discharge pipe are simultaneously blocked, is generally well known. The resultant heat generated can result in vaporisation of the entrapped liquid, which in extreme cases, has been known to cause violent bursting of the pump casing.

This potential hazard may be increased when centrifugal pumps are used in slurry applications, due to the nature of the material being pumped. The danger is that a slurry mixture is more likely to cause an accumulation of solids which block the pump discharge pipe and may remain undetected. This situation has been known to lead to a blockage in the intake side of the pump. The continued operation of the pump under these circumstances is extremely dangerous. Should your installation be prone to this occurrence, preventive measures should be adopted to forewarn the operators of this situation.

## Section 3: SELECTING THE APPROPRIATE PUMP

Prior to selecting the pump, carry out steps 3.1 to 3.7, then follow steps 3.8 to 3.11.

### 3.1 DETERMINE THE FLOW RATE

The flow rate can be evaluated in numerous ways, but is usually established by the volume of solids to be pumped and the proposed concentration of solids and liquid. An example of calculating the flow rate is given in [Typical Pump Calculation](#).

### 3.2 DETERMINE THE STATIC HEAD

The static head (vertical height on both the intake and discharge side of the pump) must be established, and the difference calculated to determine the net static head to be overcome by the pump.

### 3.3 DETERMINE THE PUMP HEAD & EFFICIENCY CORRECTIONS

It is also necessary to determine the effect of the slurry on the performance of the pump. It will be necessary to know:

- a) the average particle size,  $d_{50}$ , of the solids to be pumped ( $d_{50}$  is the theoretical screen size where 50% would pass and 50% would be retained),
- b) the concentration of solids in the liquid (% by weight), and
- c) the dry SG of the solids.

These three values can now be entered into the nomograph shown in [Figure 2-3](#), to determine the Head and Efficiency correcting ratio (HR and ER).

### 3.4 DETERMINE THE PIPE DIAMETER

It is necessary to determine the pipe diameter that will be required to provide the optimum velocity to minimise friction, whilst maintaining the solids in suspension (to prevent the solids from settling out of the flow).

Details can be found in [APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES](#) and [APPENDIX 5 – LIMITING SETTLING VELOCITY](#).

### 3.5 CALCULATE THE FRICTION HEAD LOSS

The friction loss created by all the various elements of the pump system must now be calculated. Further details on the calculation of the friction loss can be found in [APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES](#).

### 3.6 CALCULATE THE TOTAL DYNAMIC HEAD

The total dynamic head can now be calculated. Further details on these calculations are shown in [APPENDIX 4 – TOTAL DYNAMIC HEAD](#).

### 3.7 SELECT PUMP TYPE & MATERIALS

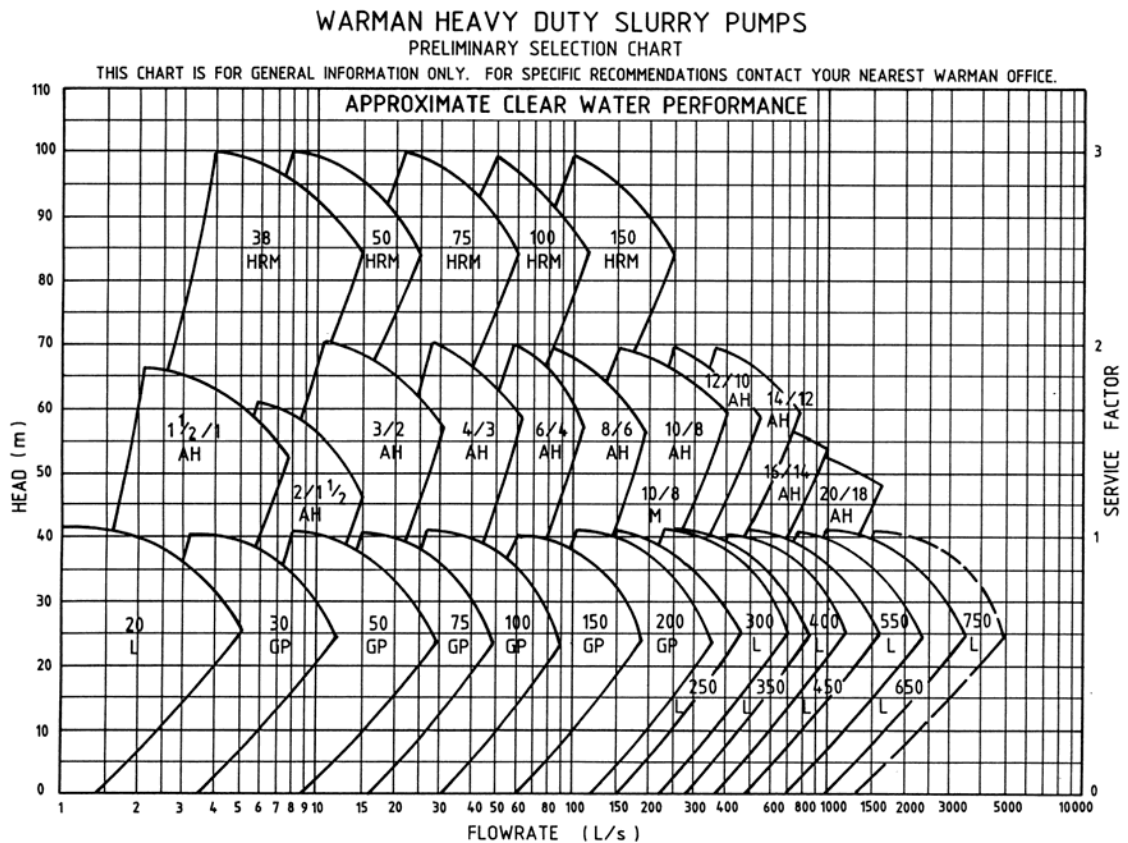
Prior to the selection of a specific pump size, it is necessary to determine the pump type required and to establish the type of materials needed. A general description of the various types of Warman pumps available can be found in [APPENDIX 1 – PUMP TYPES](#).

The basic concepts used in the selection of various materials can be found in [Concepts of Material Selection](#) with details on available materials given in [APPENDIX 2 – MATERIALS](#).

### 3.8 PUMP SELECTION

A preliminary selection can now be made from the general selection chart for the various pump types supplied by Warman. A typical example of the Warman selection chart for lined, horizontal slurry pumps is shown in [Figure 3-1](#).

Once the preliminary selection is made, the individual performance curve can then be considered.



**FIGURE 3-1 TYPICAL WARMAN PRELIMINARY SELECTION CHART**



NOTE: The service factor indicated is a dimensionless indication of the relative size and wear resistance of the three models depicted.

### 3.9 DETERMINE THE PUMP SPEED

The speed required can now be determined from the relevant performance curve.

### 3.10 CALCULATE THE REQUIRED POWER

The power required can now be calculated as shown in the example in [Typical Pump Calculation](#). This will also enable an appropriately sized motor to be selected.

### 3.11 ADDITIONAL DESIGN CONSIDERATIONS

a) **NPSH**

The Net Positive Suction Head should be evaluated to ensure that the pump selected will be capable of performing the duty without cavitating. Further data on NPSH can be found in [APPENDIX 6 – NET POSITIVE SUCTION HEAD \(NPSH\)](#).

b) **Casting Pressure**

It is necessary to calculate the maximum pressure in the pump (usually computed at the pump discharge), to ensure that the maximum pressure limits for the pump casing are not exceeded. Refer to Warman for details of the pressure limits for particular pumps.

c) **Froth Pumping**

The actual flow rate of froth (slurry PLUS bubbles) to be handled can vary markedly, compared to the flow rate of slurry only (that is, without any bubbles). The Froth Factor may be as low as 120% for a less stable froth, or as high as 150% for a very tenacious froth.

The slurry flow rate,  $Q$ , must be multiplied by the Froth Factor to determine the actual froth flow rate,  $Q_f$ , which is to be handled by the pump.  $Q$  and  $Q_f$  may also vary widely due to the variations in the grade and nature of minerals which are treated, from time to time, in a given flotation plant.

The presence of air bubbles in the froth reduces the effective value of  $S_m$  as the froth enters the pump. The value of  $S_m$  is quickly increased due to compression of the bubbles by the head developed in the pump. This value is subsequently decreased as the froth passes from the pump, along the discharge pipeline, to the discharge point, which is at atmospheric pressure. Conversely, the value of  $V_d$  will increase along the discharge pipeline due to expansion of the bubbles. Further details on considerations required for froth pumping are given in [Air Locks](#).

d) **Conical Enlargements**

In many cases the internal diameter of the discharge pipe may be greater than that at the discharge flange of the pump selected. A conical enlargement section is required to join the pump to the pipework.

In order to minimise head losses, and, in particular to avoid an excessively high wear rate of the conical enlargement and the adjacent pipework, it is good design practice to adopt the included angle,  $\theta = 6^\circ$ . In practical terms, this is equivalent to allowing an increase in diameter of 10mm for every 100mm in length of the conical section.

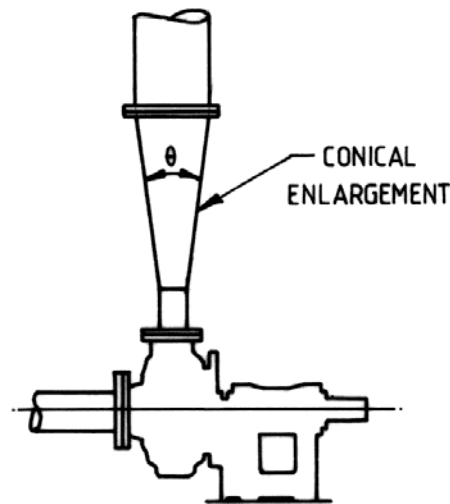


FIGURE 3-2 TYPICAL CONICAL ENLARGEMENT

e) **Pump Feed Hoppers**

Consideration should be given to the design of a suitable pump feed tank or hopper. Some basic guidelines are given in **Pump Hoppers**.

f) **Shaft Sealing**

It is important that the correct type of shaft seal is selected to suit the specific duty conditions. Further details on the various types of seals available can be found in **Shaft Sealing**.

g) **Multi-Staging**

Where the duty required exceed the head limitations of a single pump, multiple pumps in series may be required. Further details on the considerations required for series pumping can be found in **APPENDIX 7 – SERIES PUMPING**.

h) **Drive Selection**

Direct coupling to fixed speed motors is common with non-slurry type centrifugal pumps. Duty variations are usually achieved through variations in impeller diameter.

For slurry pumps, impellers are constructed in hard metal alloys or metal-reinforced elastomers. It is usually not economical or practical to reduce the diameter of standard impellers to meet specific duty requirements.

Throttle valves are not recommended for use in slurry systems to control flow rate (by head loss), due to the resultant higher values of head, speed, wear on pump and valves, and due to the increased power required. An additional restriction is the increased risk of pipeline blockages.

Slurry pump impellers of standard diameter are recommended for most abrasive slurry pump applications. The optimum pump speed, or speed range, must be achieved by suitable means (for example, vee-belt drive or variable speed drives).

Progressive Speed Changes are beneficial, by providing the lowest practical pump speed to handle the required duty at any given time.

The lowest speed results in the lowest power consumption and lowest wear rate, for any given Warman slurry pump applied to a given duty.

For duties up to approximately 250 kW, vee-belt drives from a fixed-speed motor, are commonly employed (although belt drives are available for up to 700 kW typically). The pump speed may be changed, as required, by occasional changes in vee-pulley ratio (for example, a larger diameter motor pulley may be fitted). Where frequent variations are required, this solution is unattractive because the pump must be stopped to change speed, and the speed changes are stepped.

On some duties, the required pump speed may have to be varied progressively, possibly over a relatively wide range:

- a) due to wear,
- b) in order to maintain the intake static head at a constant value, or
- c) due to variations in required flow rate, static head, pipeline length exit pressure head or solids concentration.

Typical examples are:

- a) tailings disposal,
- b) mill classifier (cyclone) feed in closed-circuit grinding operations, and
- c) some variable suction dredging duties.

The most effective means of satisfying these progressively varying requirements is to provide for an efficient variable speed drive.

Where a motor size exceeds the practical limitations for vee-belt applications, a direct coupled motor in conjunction with a speed reducing gear box may provide the most practical solution.

### 3.12 TYPICAL PUMP CALCULATION

A heavy duty slurry pump is required for the following duty:

- 65 tonnes per hours of sand
- Specific gravity of solids S = 2.65
- Average particle size d50 = 211 microns (0.211mm)
- Concentration of solids Cw = 30% by weight
- Static discharge head (Zd) = 20 metres
- Suction head (Zs) = 1 metre (positive)
- Length of pipeline = 100 metres
- Valves and fittings = 5 x 90° long radius bends

The pump will be gravity fed from a hopper and be arranged generally as shown in [Figure 3-3](#).

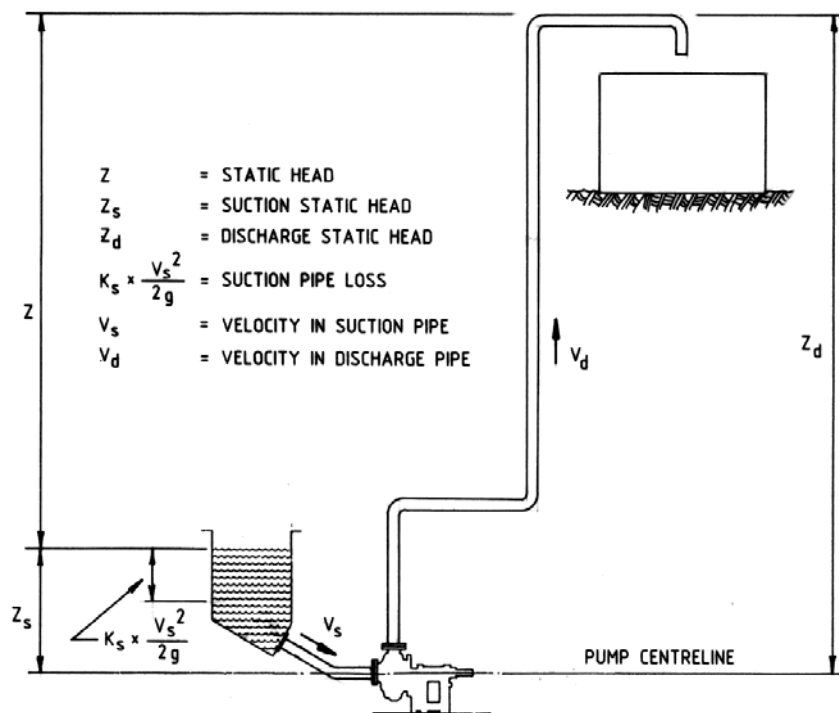


FIGURE 3-3 TYPICAL PUMP APPLICATION

Pump size, speed, shaft power and recommended size of delivery pipeline are determined as follows:

- a) **The quantity to be pumped can be determined thus:**

$$\text{Weight of solids in slurry} = 65 \text{ tonnes}$$

$$\begin{aligned} \text{Weight of volume of water equal to solids volume} &= \frac{65}{2.65} = 24.5 \text{ tonnes} \\ \text{Weight of water in slurry of } C_w = 30\% &= \frac{65(100 - 30)}{30} = 151.7 \text{ tonnes} \\ \text{Total weight of equal volume of water} &= 151.7 + 24.5 = 176.2 \text{ tonnes} \\ &\quad * (1\text{m}^3 \text{ of } H_2O = 1 \text{ tonne}) \\ \text{Total weight of slurry mixture} &= 65 + 151.7 = 216.7 \text{ tonnes} \\ \text{Specific gravity of slurry mixture (} S_m \text{)} &= \frac{216.7}{176.2} = 1.23 \\ \text{Concentration of solids by volume (} C_v \text{)} &= \frac{100}{176.2} \times 24.5 = 13.9\% \\ \text{Quantity of slurry} &= 176.2 \text{ m}^3/\text{hr} * \\ &= 49 \text{ L/s} \end{aligned}$$

### b) Size of Pipeline

A 150mm pipeline is selected as being potentially suitable and is checked as follows:

The slurry mixture volume is determined by the following formula:

$$V = \frac{Q \times 1273}{d^2}$$

where  $V$  = slurry velocity in m/s  
 $Q$  = slurry flowrate in L/s  
 $d$  = pipe diameter in mm  
 $g$  = 9.81 m/s<sup>2</sup>

Velocity  $V$  in this case is therefore:

$$\frac{49 \times 1273}{150^2} = 2.8 \text{ m/s}$$

Using Durand's equation from **APPENDIX 5 – LIMITING SETTLING VELOCITY**.

$$V_L = FL \sqrt{2gD \left( \frac{S - S_l}{S_l} \right)}$$

where  $D$  = Pipe diameter in m.

The value of  $FL$  is obtained from **Figure A5-2**, using a  $C_v$  of 13.9% and an average particle size  $d_{50} = 211$  microns (for widely graded particles).

$$\text{Value of } FL = 1.04$$

By substitution of values in Durand's equation the limiting settling velocity  $V_L$  becomes:

$$VL = 1.04 \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.15 \times \left( \frac{2.65 - 1}{1} \right)}$$

$$= 2.3 \text{ m/s}$$

The 150mm pipe is therefore considered suitable for this application since the limiting settling velocity (2.3 m/s) is lower than the actual slurry mixture velocity (2.8 m/s).

**c) Friction head  $H_f$  for the pipeline**

Firstly determine the equivalent length of pipeline, using the valves and fittings head losses table as shown in [Figure A4-3](#) and [Figure A4-4](#).

$$\text{Actual length of line} = 100\text{m}$$

$$5 \times 90^\circ \text{ long radius bends at } 3.35 \text{ metres each} = 16.75\text{m}$$

$$\text{Equivalent length of line} = 11.75\text{m}$$

Using the steel pipeline size of 150mm and a slurry mixture velocity of 2.8 metres per second, the value  $f = 0.017$  is obtained from [Figure A3-2](#).

By substitution in Darcy's equation for friction head as in [Figure A3-2](#):

$$H_f = 0.017 \times \frac{116.75}{0.15} \times \frac{2.8^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 5.29\text{m of mixture for } 116.75\text{m of pipe}$$

**d) Loss in discharge pipe enlargement**

It is also likely that a divergent pipe section will be required in the discharge pipe as a preliminary review of pump selections ([Figure 3-1](#)) indicates a pump with a 100mm diameter discharge to be a likely selection. A pipe transition piece would be required in this case to enlarge the discharge to the 150mm pipeline size.

[This is dealt with in Figure A4-4](#). Head loss in this case using an enlargement included angle of  $30^\circ$  would be.

$$K_e \frac{(V - V_l)^2}{2g} = 0.55 \times \frac{(6.24 - 2.4)^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 0.41\text{m}$$

**e) Loss at pipe discharge**

Under the normal open discharge conditions, the velocity head at the pump discharge must be added to the required total head.

In this case the velocity head  $\frac{(V^2)}{2g}$   
 is  $\frac{2.8^2}{2 \times 9.81} = 0.4m$  of mixture.

**f) Loss of head at entrance to suction pipe**

This is dealt with in [Figure A4-4](#). The suction pipe in this case is most likely to be similar to the discharge (150mm). Assuming the hopper would be fitted with a flush type connection, the appropriate loss would be:

$$0.5 \times \frac{V^2}{2g} = 0.2m$$

**g) Total dynamic head on the pump (refer [Figure A4-1](#) and [Figure A4-2](#))**

Under the normal open discharge conditions, the velocity head at the pump discharge must be added to the required total head.

$$H_m = Z + H_f$$

where Z is static head; ie,  $(Z_d - Z_s)$

$$\begin{aligned} H_m &= ((20 - 1) + 5.29 + 0.14 + 0.4 + 0.2) \\ &= 25.4m \text{ of slurry mixture.} \end{aligned}$$

**h) Equivalent water total dynamic head**

From [Figure 2-3](#), we are able to determine that the appropriate correction (HR and ER) in this case is 0.89.

The total head of equivalent water ( $H_w$ ) is therefore:

$$\frac{H_m}{HR} = \frac{25.4}{0.89} = 28.53$$

Say, 28.5 m of water

**i) Pump Selection**

The pump can now be selected, using the required flow rate of 49 L/s.

Total head of 28.5m of equivalent water and slurry SG of 1.23.

In this case, a Warman 6/4 D-AH heavy duty rubber lined pump is selected with a 5 vane closed rubber impeller at a pump speed of 1130 rpm (from [Figure 3-4](#)).

The consumed power at the pump shaft can be computed using a pump efficiency of 66% (from [Figure 3-3](#)) thus:

$$= \frac{Q \times H_m \times S_m}{1.02 \times e_m}$$

or  $\frac{Q \times H_w \times S_m}{1.02 \times e_w}$  (as HR is assumed equal to ER)

$$= \frac{49 \times 28.5 \times 1.23}{1.02 \times 66} = 25.5 \text{ kW}$$

in this case, a 30 kW drive motor would be selected.

WARMAN INTERNATIONAL LTD.										PUMP PERFORMANCE CURVES	
PUMP					IMPELLER E4147			LINER		<b>WPA</b>	
SIZE	FRAME	TYPE	VANES	TYPE	MATL.	VANE $\phi$	MATL.			64A03A	
6/4	D	DD	5	CLOSED	RUBBER	365	RUBBER	GLAND SEALED PUMP		ISSUED MAY 1987	
	E	EE									
	Q	R									
FRAME RATING kW	D	DD	E	EE	Q	R	NORMAL MAX. r/min. 1350		MIN. PASSAGE SIZE 33 mm SPHERE		
	60	110	120	225	150	300			COPYRIGHT © WARMAN INTERNATIONAL LTD.		

CURVE SHOWS APPROXIMATE PERFORMANCE FOR CLEAR WATER (To International Test Standard ISO2544 Class C) : For media other than water, corrections must be made for density, viscosity and/or other effects of solids.  
WARMAN INTERNATIONAL LTD. reserve the right to change pump performance and/or modify or delete impellers without notice.  
Frame suitability must be checked for each duty and drive arrangement.  
Not all frame alternatives are necessarily available from each manufacturing centre.

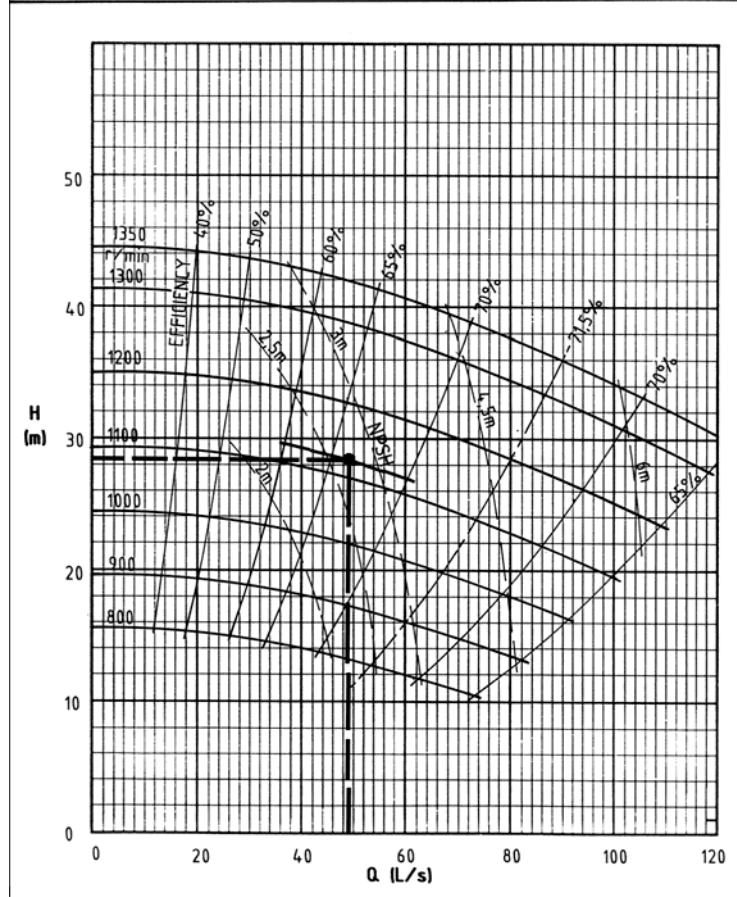


FIGURE 3-4 WARMAN PUMP PERFORMANCE CURVE



## APPENDIX 1 – PUMP TYPES

### INTRODUCTION

Warman slurry and liquor pumps are generally of the centrifugal type (except for jet pumps) with the range consisting of twenty basic models. General descriptions are as follows.

### HORIZONTAL PUMPS - LINED

This group of pumps feature interchangeable casing liners and impellers of elastomer or hard metal material.

#### a) Type AH and AHE

'AH' and 'AHE' pumps are designed for a wide range of erosive and/or corrosive applications. The 'AHE' pumps utilise enhanced performance components that are retrofittable to the Type 'AH' casings and bearing assemblies.

They are generally used for slurries containing high concentrations of erosive solids or where an extremely robust and heavy duty pump is required.

All Warman standard seal options are available of centrifugal, gland or mechanical types and include the Warman high seal and low flow options.

Pump sizes range from 25mm discharge size through to 450mm.

A range of alternative drive frames is available to allow widely varying power demand requirements.

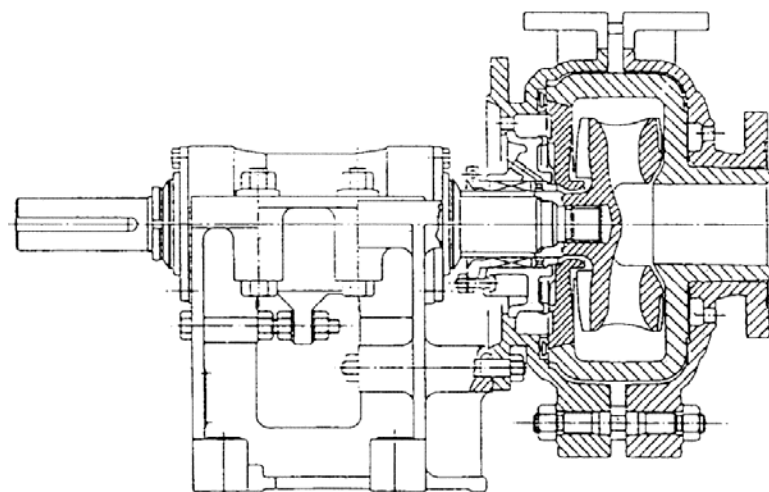


FIGURE A1-1 TYPE AH PUMP

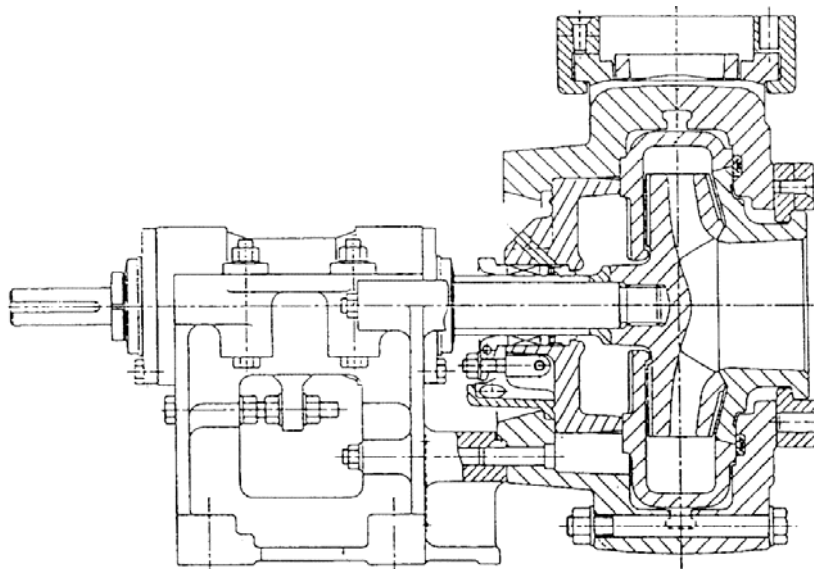
**b) Type GP**

The Warman ‘GP’ series is specifically designed to handle a wide range of corrosive and erosive liquors and slurries. They are typically used in chemical applications or where slurries contain lower concentrations (up to 35% by weight) of erosive solids. The ‘GP’ can also be used for pumping higher concentrations of less erosive solids. Sealing options include centrifugal, gland and mechanical.

The ‘GP’ is somewhat smaller in size to the corresponding ‘AH’ model, This range features a high strength fibre reinforced outer casing.

Sizes range from 30mm to 200mm discharge.

The GP features interchangeable bearing frames as with most other Warman models.



**FIGURE A1-2 TYPE GP PUMP**

**c) Type L**

‘L’ pumps are designed essentially for the same range of applications covered by the ‘GP’ series, but cover much higher flow ranges with discharge sizes extending up to 650mm.

Alternative drive frame sizes are available in all models to accommodate varying power demand requirements. As with the GP, bearing frames are interchangeable with most other Warman models. Standard Warman seal options are also available.

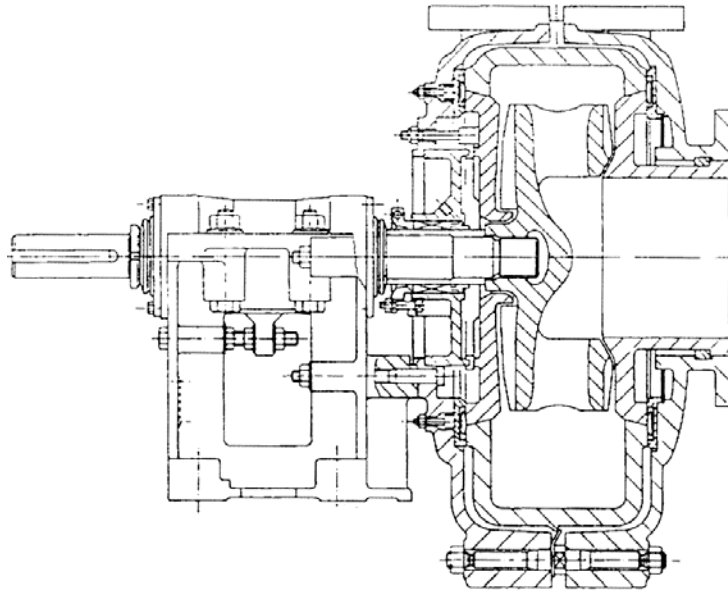


FIGURE A1-3 TYPE L PUMP

**d) Type AHP and AHPP**

‘AHP’ and ‘AHPP’ pumps have the same hydraulic performance as the Type ‘AH’ pumps and normally use the same liners and impellers. The same performance curves are also applicable. These pumps are used where higher pressure ratings are required, usually in multi-stage pump installations and feature heavily reinforced outer castings to contain high internal pressures (up to 5000kPa).

**e) Type HRM**

‘HRM’ pumps are characterised by a larger diameter impeller than the corresponding Type ‘AH’ pumps. They are used for applications requiring higher heads (up to 95m per stage) or in extremely heavy duty applications requiring very slow impeller speeds.

All standard seal and material options are available although impellers are generally restricted to hard metal options only.

**f) Type W**

‘W’ pumps consist of a Type ‘AH’ pump fitted with a tank between the pump base and the pump wet-end. The tank is filled with water which prevents air entering the pump through the gland when operating with negative suction heads. These pumps are mostly used on vacuum filtrate-extraction duty. The submerged gland seal precludes the use of non-return valves in high vacuum duties and maintains a water tight seal at all times.

Hydraulic performance of these pumps are identical to the corresponding Type ‘AH’ pumps. For example, the performance for a 3/2 C-AHW pump is the same as the 3/2 C-AH pump.

Available in sizes ranging from 25mm diameter discharge up to 150mm.

**g) Type SHD**

'SHD' pumps feature advanced hydraulics design for high efficiency and long wear life suitable for the most arduous service, eg. mill discharge service. These pumps feature metal impellers with metal and/or elastomer type liners and/or side liners.

Sizes range from 75mm to 750mm discharge diameter and feature ease of maintenance which is assisted by the use of special purpose assembly tools.

**h) Type AHF, MF and LF**

These three horizontal types of pumps are for handling froths, in particular tenacious mineral froths. These pumps have large inlets and open impellers to cater for the high percentage of air normally experienced with tenacious froths.

Being horizontal they are smaller than the vertical type AF froth pumps, require less head room and generally are easier to maintain than a vertical pump.

## HORIZONTAL PUMPS - UNLINED

This group of pumps feature a metal casing with no separate liners and no elastomer wear parts.

**a) Type D**

'D' dredge pumps are designed for dredging and similar low head duties. The design features a hard metal casing and wear components and is capable of passing extremely large particles. Sizes range from 350mm diameter discharge up to 920mm.

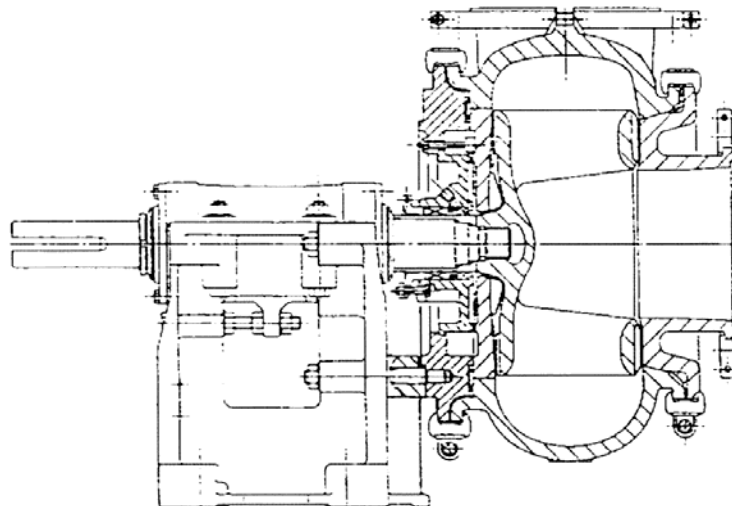


FIGURE A1-4 TYPE D PUMP

**b) Type G**

Type 'G' gravel pumps are similar in design to the Type 'D' but feature larger impellers and heavier casing construction. They are typically used for pumping gravel, dredging or pumping solids too large to be handled by Type 'AH' pumps.

Sizes range from 100mm up to 600mm.

**c) Type GH**

The 'GH' range is again similar in construction to both the 'D' and 'G' Types, but features larger impeller diameters than the G range and incorporates a heavily reinforced casing design to allow pumping of heads up to 80 metres. Typically used in dredging applications where long discharge distances are required. Some models are available with higher pressure rating suitable for applications such as multi-staging.

The 'GH' is available in sizes ranging from 150mm diameter discharge up to 400mm.

**d) Type S**

The 'S' Type solution pump range is an uncased solution pump designed for dirty water and liquor applications. The pump features common drive frame componentry with other Warman models. The 'S' range is available in sizes for 38mm diameter discharge up to 400mm.

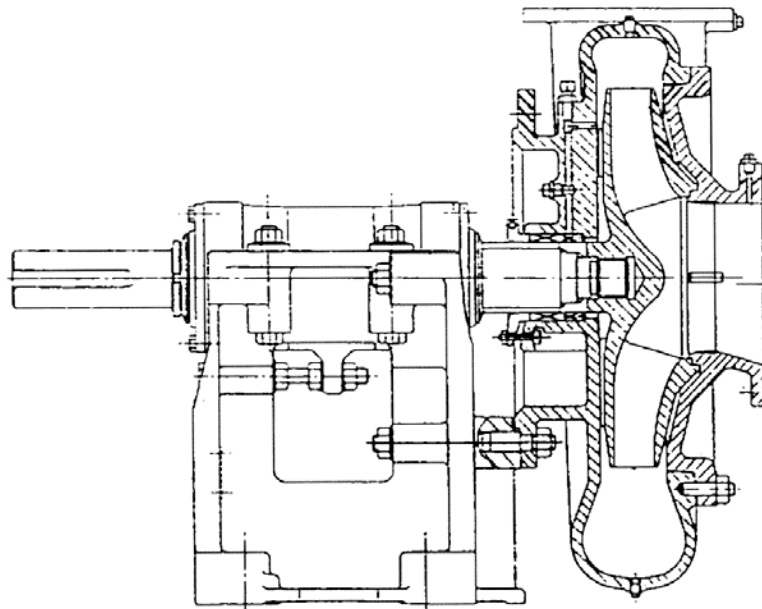


FIGURE A1-5 TYPE S PUMP

e) **Type SH**

The 'SH' Type solution pump range is similar to the 'S', but features larger impeller diameters and heavily reinforced casing for use where higher heads are required (up to 125m).

The 'SH' range is available in sizes from 50mm diameter discharge up to 250mm.

f) **Type PC (and PCH)**

The 'PC' range is an uncased hard metal design specifically designed for pumping corrosive and erosive slurries where heavy duty slurry pumps are not warranted but clear liquor pumps are not adequate. The 'PC' range is also available in a high head form ('PCH') suitable for heads up to 120m.

The 'PC' range is available in sizes ranging from 50mm discharge up to 250mm.

Standard seal options featuring high seal expellers or low flow glands are available.

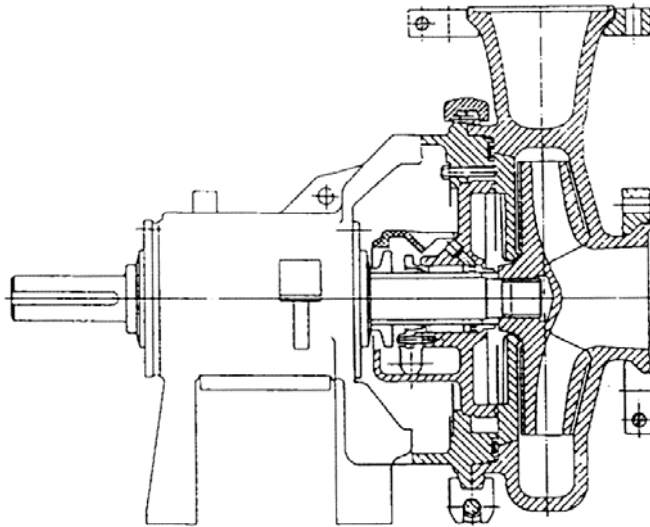
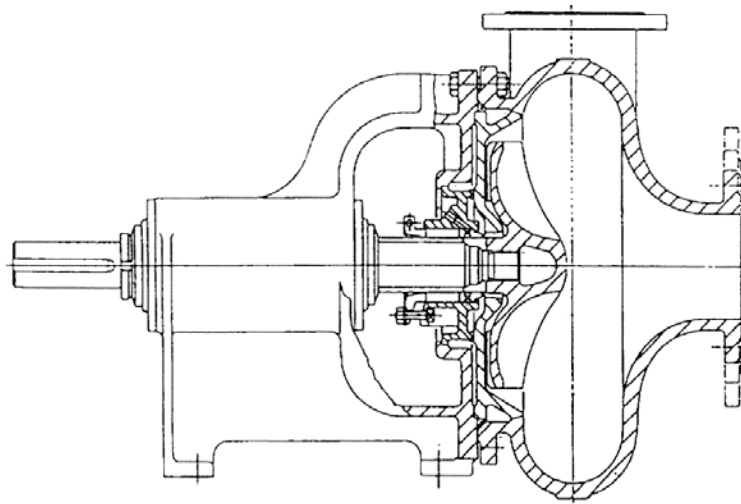


FIGURE A1-6 TYPE PC (PCH) PUMP

**g) Type TC**

The CYKLO ‘TC’ Type is an uncased design available in erosion resistant materials designed specifically for “non clog” or “gentle” pumping applications such as carbon in pulp processes.

The ‘TC’ range is available in sizes ranging from 50mm diameter discharge up to 200mm diameter discharge.



**FIGURE A1-7 TYPE TC PUMP**

**h) Type SHDU**

‘SHDU’ pumps are the unlined version of the SHD pump range. These pumps have the same advanced hydraulics and ease of maintenance as the SHD pumps. Some of the wearing parts, eg. impellers, are the same as the SHD components allowing relatively easy conversion from, say, lined to unlined.

## VERTICAL PUMPS

### a) Type GPS (SP)

The 'GPS' range is a vertical cantilevered shaft design available with a variety of erosion resistant wet end materials including hard metal, rubber\* and polyurethane\*. The pump features a self venting double intake style and does not require submerged bearings. These pumps casing available with self-agitating, non clog impellers. Available in sizes ranging from 40mm through to 250mm.

(\* Only available in 40, 65 and 100 sizes).

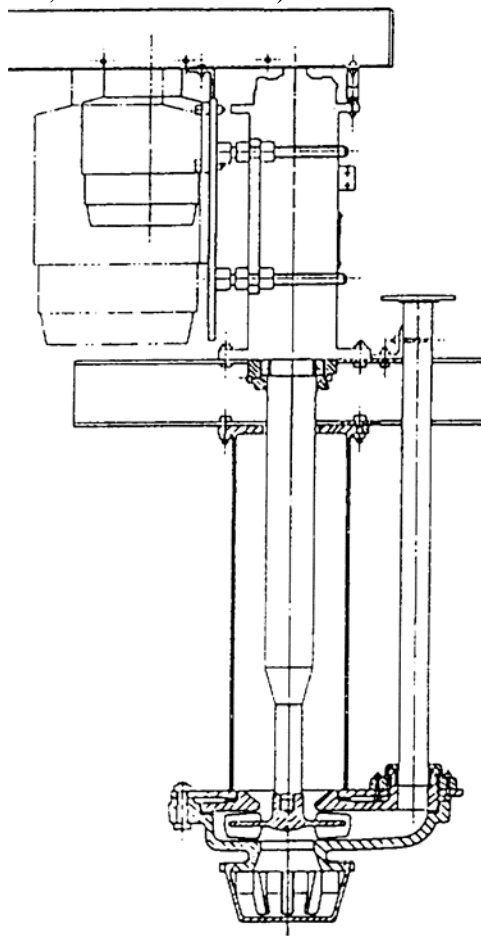


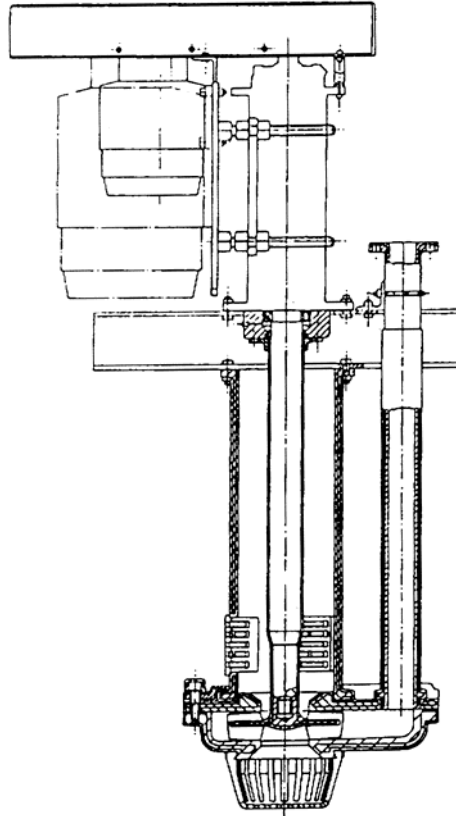
FIGURE A1-8 TYPE GPS PUMP



**b) Type SPR**

The 'SPR' range is vertical cantilevered shaft design similar to the 'GPS', but features full elastomer protection on all submerged components.

This allows this pump to be used in highly corrosive applications. Available in sizes ranging from 40mm through to 150mm.



**FIGURE A1-9 TYPE SPR PUMP**

**c) Type V-TC**

The 'V-TC' range is a combination of the CYKLO ('TC') Type hard metal wet end fitted to the vertical cantilevered shaft bearing assembly.

These pumps find application where the non clogging or 'gentle' pumping features of the CYKLO design are required in a vertical submerged situation.

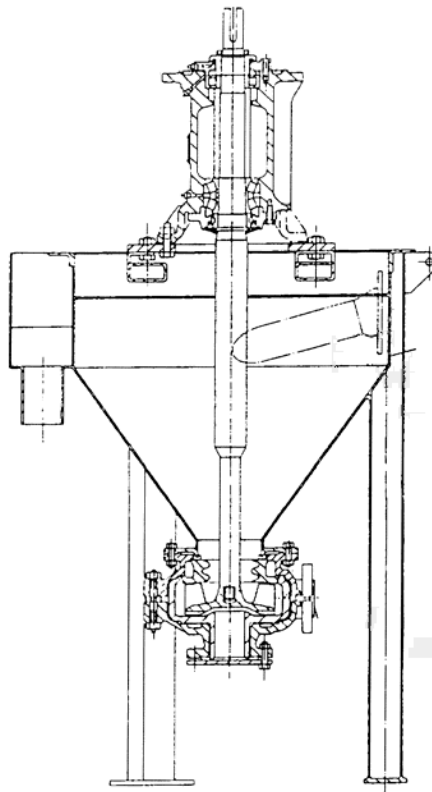
Available in discharge diameters ranging from 50mm to 200mm.

**d) Type AF**

The type 'AF' Froth Pump is a vertical pump complete with hopper which utilises casings and liners from the Type 'AH' pumps.

It is designed to pump frothy slurries more efficiently by de-aerating or partially de-aerating the froth before it enters the pump head, utilising an induced vortex principal.

The 'AF' range is available in sizes ranging from 20mm up to 200mm discharge diameter.

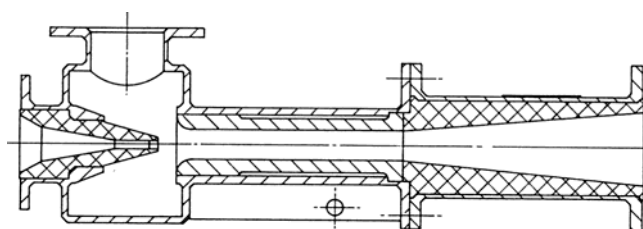


**FIGURE A1-10 TYPE AF PUMP**

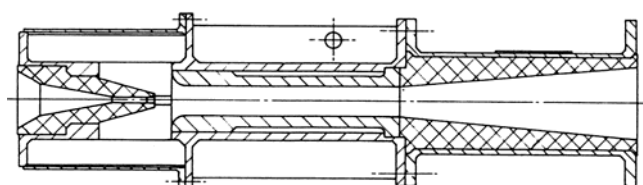
## JET PUMPS

Jet pumps, often referred to as eductors or ejectors, differ from other Warman designs in that they have no moving parts. Power is supplied by a high pressure jet of liquid. The Warman jet pumps can be fitted with a variety of erosion resistant materials and can be used in a wide range of special applications. The range covers five different models, ranging from 50mm to 300mm in size.

For further details on individual models generally described, please contact your nearest Warman office.



JET PUMP (Closed type)



JET PUMP (Open type)

**FIGURE A1-11 JET PUMPS**

## APPENDIX 2 – MATERIALS

### INTRODUCTION

A major advantage of the Warman slurry pump is the number of optional materials available. This enables a pump to be constructed with the most appropriate materials specifically to meet the duty requirements. It also allows existing pumps to be adapted in service to meet changed duty conditions, merely by changing individual parts.

A general description of some of the more common materials used in Warman slurry pump construction is listed in [Table 1](#) below.

Further assistance with specific material selections can be obtained from your nearest Warman office.

**TABLE 1 MATERIAL SPECIFICATIONS AND DESCRIPTION**

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
A03	Ni-Hard 1	Martensitic White Iron	Alloy A03 is a martensitic white iron which offers reasonable performance in mildly erosive duties, and where low impact levels are experienced. It is generally heat treated to stress relieve or reduce the amount of residual austenite in the matrix. The alloy is sensitive to section thickness, and the composition requires adjustment to prevent the formation of undesirable phases.
A04	ULTRACHROME 24% Cr	Erosion Resistant White Iron	Alloy A04 is a white iron having a hardness of 375HB in the annealed state. This low hardness allows A04 to be more readily machined than alloy A05. The alloy can be subsequently hardened to increase the wear resistance. A04 is not as erosion resistant as A05 and A12, and is not generally corrosion resistant.
A05	ULTRACHROME 27% Cr	Erosion Resistant White Iron	Alloy A05 is a wear resistant white iron that offers excellent performance under erosive conditions. The alloy can be effectively used in a wide range of slurry types. The high wear resistance of alloy A05 is provided by the presence of hard carbides within its microstructure. Alloy A05 is particularly suited to applications where mild corrosion resistance, as well as erosion resistance is required.
A06	Ni-Hard 4	Martensitic White Iron	Martensitic wear resistant alloy.

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
A07	15/3 Chrome/Moly Iron	Chromium/Molybdenum White Iron	Martensitic white iron with moderate erosion resistance.
A12	HYPERCHROME® 30% Cr	Hypereutectic Chromium White Iron	HYPERCHROME® alloy is a hypereutectic white iron suitable for high wear duties, where corrosion is not considered a problem. It should be used in applications where A05 and A04 do not provide an adequate wear life. Alloy A12 can be used in mild alkaline slurries, between a pH range of 8 to 14. The alloy may provide up to three times the wear life of A05 and A03 parts in some severe applications.
A14	ULTRACHOME Tough 27% Cr	Erosion Resistant White Iron	Alloy A14 is a high chromium white cast iron offering high impact resistance and moderate erosion wear resistance. Alloy A14 is suitable for gravel pump applications where large slurry particles are present. A14 is much tougher than A05 but also exhibits a lower erosion wear resistance.
A25	Ni – Cr – Mo Steel	Cast Steel	Alloy A25 is an alloy steel having moderate wear resistance and high mechanical properties. The alloy is used for large castings where toughness is of primary importance.
A49	ULTRACHOME 28% Cr, Low C	Low Carbon, High Chromium White Iron	Alloy A49 is a corrosion resistant white iron suitable for low pH corrosion duties, where erosive wear is also a problem. The alloy is particularly suitable for Flu Gas Desulphurisation (FGD) and other corrosive applications, where the pH is less than 4. The alloy can also be used in other mildly acidic environments. A49 has an erosion resistance similar to that of Ni-Hard 1.
A51	ULTRACHOME 36% Cr, Low C	Erosion/Corrosion White Iron	ULTRACHOME A51 is a premium erosion/corrosion alloy to be used where excellent erosion and corrosion resistance is required. The alloy has much improved corrosion resistance compared to alloy A49, whilst the erosion resistance is similar to Ni-Hard type alloy irons. The alloy is suitable for phosphoric acid duties, FGD duties, sulphuric acid, and other moderately corrosive applications.
C02	Ni-Resist (Copper free)	Corrosion Resistant Cast	Alloy C02 is a high nickel cast iron useful for light chemical duties involving low

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
		Iron	concentration of solids.
C14	27 Cr-0.4 C5 Stainless Steel	Duplex Stainless Steel	Alloy C14 is a corrosion resistant stainless steel suitable for use in acidic environments. The alloy is particularly suitable for Flue Gas Desulphurisation (FGD) applications, where the pH is between 3 and 7. The alloy offers moderate erosion-corrosion resistance.
C21	Type 420C Stainless Steel	Martensitic Stainless Steel	Alloy C21 is a martensitic stainless steel having a combination of high hardness and good general corrosion resistance. The alloy is machined in the annealed, or as cast condition and is subsequently hardened for service.
C23	Type 316 Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	Alloy 23 (316SS) is an austenitic stainless steel having excellent corrosion resistance in reducing media. The molybdenum present in C23 increases its resistance to pitting corrosion. The alloy has good mechanical properties, however its low hardness gives it a low erosion resistance.
C25	Alloy 20	Austenitic Stainless Steel	Alloy C25 was specifically developed for sulphuric acid applications. The alloy can be used successfully in up to 85% Sulphuric acid. Alloy C25 also offers excellent corrosion resistance to a wide range of acids, and some strong alkalis. The alloy has poor resistance to erosive wear.
C26	26 Cr 5 Ni Stainless Steel (CD-4M Cu)	Duplex Stainless Steel	Alloy C26 is a corrosion resistant stainless steel suitable for use in acidic environments. The alloy offers moderate erosion-corrosion resistance.
C27	'825' Alloy	Austenitic Corrosion Resistant Alloy	Alloy C27 is an austenitic corrosion resistant alloy suitable for strong acid duties.
C30	27 Cr 31 Ni Stainless Steel	Austenitic Stainless Steel	Alloy C30 is an all purpose austenitic stainless alloy for service in high corrosive conditions. C30 has excellent resistance to general corrosion, pitting, crevice corrosion, intergranular corrosion and stress corrosion cracking. The alloy was developed originally for use in phosphoric acid.
C44	Type 440C Stainless Steel	Hardenable Stainless Steel	C44 is a martensitic stainless steel having a higher carbon level than 420C (C21) alloy. The higher carbon level results in

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
			the formation of carbides within the microstructure. These carbides give 440C an improved wear life under the conditions of abrasive wear, as experienced with shaft sleeves. The formation of the carbide results in a reduction of the corrosion resistance of C44, compared with C21.
C55	Ferralium 255	Duplex Austenitic/ Ferritic Stainless Steel	Alloy C55 is a duplex ferritic – austenitic stainless steel. It combines high strength and physical properties with excellent corrosion resistance. Alloy C55 offers improved resistance to stress corrosion cracking, pitting and crevice corrosion over C22, C23 and C25 grades of stainless steel.
D21	Ductile Grey Iron (SG Iron)	Cast Iron	Alloy D21 is a ductile grade of grey iron used where higher physical properties and greater shock resistance are required compared to alloy G01
D81	Zinc Plated D21	Zinc Plated SG Iron	Alloy D81 is a zinc plated ductile iron which is used for duties where higher physical properties and greater shock resistance are required in comparison to G01. D21 has a better atmospheric corrosion resistance than D21.
G01	Grey Iron	Cast Iron	Alloy G01 is an inexpensive alloy used where high physical strength and erosion resistance are not required.
J21	Tungsten Carbide V21 coated C21	Ceramic Coated Stainless Steel	J21 is a ceramic coating (V21) applied over a C21 substrate. The combination of these two materials provides high abrasive wear resistance together with high toughness. The tungsten carbide layer is deposited onto the C21 substrate using a special spray technique which yields minimal porosity and excellent interlayer adhesion. J21 is unaffected by differential thermal expansion and will not “spall”.
J24	Tungsten Carbide V21 coated C23	Ceramic Coated Austenitic Stainless Steel	J24 consists of a V21 ceramic coating deposited onto a C23 substrate using a special spray technique. The coating is very hard and offers excellent abrasive wear resistance. The spray technique gives a coating with minimal porosity and excellent interlayer bond strength. J24 is unaffected by differential thermal expansion and will not “space”.
J25	Tungsten Carbide	Tungsten	J25 consists of V21 ceramic coating

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
	V21 Coated C11	Carbide V21 Coated C11	deposited onto a C21 substrate using a special spray technique. The coating is very hard and offers excellent abrasive wear resistance. The spray technique gives a coating with minimal porosity and excellent interlayer bond strength. J25 is unaffected by differential thermal expansion and will not “spall”.
J26	Chrome Oxide (Y03) coated C26	Ceramic Coated Stainless Steel	J26 consists of Y03 Ceramic Coating deposited onto a C26 substrate using a special spray technique. The coating is very hard and offers excellent abrasive wear resistance. The spray technique gives a coating with minimal porosity and excellent interlayer bond strength. J26 is unaffected by differential thermal expansion and will not spall.
J27	WC/Chromium/ Nickel Coated C26	Tungsten Carbide V23 Coated C26	J27 consists of a WC/Cr/Ni (V23) coating deposited onto a duplex stainless steel (C26) substrate using a thermal spray technique. The coating offers both abrasive wear resistance and corrosion resistance exhibiting minimal porosity.
N02	63 Ni 30 Cu Alloy	Corrosion Resistant Alloy	Alloy N02 is a nickel based corrosion resistant alloy for use in reducing acids and chlorides. It is used extensively in pickling and marine applications.
N04	58 Ni 16 Cr 16 Mo Alloy	Corrosion Resistant Alloy	Alloy N04 is a nickel based corrosion resistant alloy specially resistant to oxidising acids and reducing chlorides based solutions.
N05	55 Ni 22 Mo Alloy	Corrosion Resistant Alloy	Alloy N05 is a chemical resistant alloy which can be used in non-oxidising environments. It has high physical properties and can be used successfully in high temperature environments.
N22	55 Ni 22 Cr 13 Mo Alloy	Corrosion Resistant Alloy	Alloy N22 is a nickel based corrosion resistant alloy specially resistant to extreme oxidising acids and reducing chloride based solutions. Its resistance to pitting in these solutions is superior to that of N04 and N05.
N23	55 Ni 22 Cr 13 Mo Alloy (Wrought)	Hastelloy® C22	Alloy N23 is a nickel based corrosion resistant alloy specially resistant to extreme oxidising acids and reducing chloride based solutions. Its resistance to pitting in these solutions is superior to that of N04 and N05.



WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
P09	Polyester Fibreglass DMC	Reinforced Structural Polymer	P09 is a reinforced polyester resin used for structural pump parts as a replacement for heavier grey and ductile iron parts. The combination of glass fibres and a crystalline resin provides a material with excellent mechanical properties.
P50	Polyphenylene Sulphide (Ryton*)  * Ryton is a trade name of the Phillips Chemical Company)	Reinforced Structural Polymer	P50 is a high-strength plastic suitable for parts requiring high-dimensional stability.
P60	UHMW Polyethylene	Engineering Polymer	
R08	Standard Impeller Rubber	Natural Rubber	R08 is a black natural rubber, of low to medium hardness. R08 is used for impellers where superior erosive resistance is required in fine particle slurries. The hardness of R08 makes it more resistant to both chunking wear and dilation (ie, expansion caused by centrifugal forces) as compared to R26. R08 is generally only used for impellers.
R24	Anti Thermal Breakdown Rubber	Natural Rubber	Anti Thermal Breakdown Rubber (ATB) is a soft natural rubber based on R26, but with improved thermal conductivity. It is intended for use as a liner material in slurry pumping applications where high impeller peripheral speeds are required.
R26	Standard Liner Rubber	Natural Rubber	R26 is a black, soft natural rubber. It has superior erosion resistance to all other materials in fine particle slurry applications. The antioxidants and antidegradents used in R26 have been optimised to improve storage life and reduce degradation during use. The high erosion resistance of R26 is provided by the combination of its high resilience, high tensile strength and low short hardness.
R33	Natural Rubber – Reinforced	Natural Rubber	R33 is a premium grade material for use where R26 does not provide sufficient wear life. It is a black natural rubber, of low hardness and is used for cyclone and pump liners and impellers where its superior physical properties give increased cut resistance to hard, sharp slurries.

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
R38	Natural Rubber Reinforced	Natural Rubber	R38 is a black natural rubber, of medium hardness. R38 is used for impellers where superior erosive and tear resistance is required in fine particle slurries. The hardness and tear resistance of R38 makes it more resistant to both chunking wear and dilation (ie, expansion caused by centrifugal forces) as compared to R26 and R08. R38 is generally only used for impellers.
R66	60 Duro Natural Rubber	Natural Rubber	This is a hard (60 Duro) natural rubber product used for FGD duties primarily in GSL Pumps.
S01	EPDM Elastomer	Synthetic Elastomer	S01 is an acid and ozone resistant rubber which is of low abrasion resistance. EPDM is non polar and difficult to bond to metal, therefore it is used typically in lipseals and volute seal applications.
S02	EPDM General Rubber	Synthetic Elastomer	S02 is an acid and ozone resistant rubber which is of medium abrasion resistance. EPDM is non polar giving it special chemical resistance. S02 is a speciality elastomer for use only in applications that require the properties of EPDM.
S03	High Temperature EPDM	EPDM	S03 is a high temperature and chemical resistant EPDM elastomer. It has been compounded so as to have a very low compression set and is therefore designed for use in sealing applications. This material is not designed for general use in parts subjects to erosive wear.
S12	Nitrile Rubber	Synthetic Elastomer	Elastomer S12 is a synthetic rubber which is generally used in applications involving fats, oils and waxes. S12 has moderate erosion resistance.
S21	Butyl Rubber	Synthetic Elastomer	Butyl rubber is a highly saturated elastomer which has excellent chemical stability, and good resistance to heat and oxidation. The high saturation reduces the elastomeric properties of S21, and hence reduces its erosion resistance. In general S21 is used in acidic environments.
S31	Chlorosulfonated Polyethylene (Hypalon*)  * Hypalon is a trademark of the	Synthetic Elastomer (CSM)	S31 is an oxidation and heat resistant Elastomer. It has a good balance of chemical resistance to both acids and hydrocarbons.

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
	Dupont Company		
S42	Polychloroprene (Neoprene*)  * Neoprene is the trademark of the Dupont Company	Synthetic Elastomer (CR)	Polychloroprene (Neoprene) is a high strength synthetic elastomer with dynamic properties only slightly inferior to natural rubber. It is less effected by temperature than natural rubber, and has excellent weathering and ozone resistance. It also exhibits excellent oil resistance.
S45	High Temperature Hydrocarbon Resistant Rubber	Synthetic Elastomer	S45 is an erosion resistant synthetic rubber with excellent chemical resistance to hydrocarbons at elevated temperatures.
S51	Fluoroelastomer (Viton*)  * Viton is the trademark of the Supon Company	Synthetic Elastomer (FPM)	S51 has exceptional resistance to oils and chemicals at elevated temperatures. Limited erosion resistance.
U01	Wear Resistant Polyurethane	Polyurethane Elastomer	U01 is an erosion resistant material that performs well in elastomer applications where 'tramp' is a problem. This is attributed to the high tear and tensile strength of U01. However, its general erosion resistance is inferior to that of natural rubber (R26, R08).
Y07	Alumina 99%	Ceramic	Wear resistant ceramic.
Y08	Silicon Nitride Bonded Silicon Carbide	Ceramic	Wear resistant ceramic.
Y11	Fine Grained SiN/SiC	Wear Resistant Ceramic	Y11 is produced by bonding a fine grained silicon carbide powder with silicon nitride. The ceramic has high thermal shock resistance and physical properties. Y11 has a high wear resistance, compressive strength and modulus of rupture than Y08.
Y14	Reaction Bonded Silicon Carbide	High Wear Resistant Ceramic	Y14 is produced by reaction bonding silicon carbide grains with silicon nitride. The ceramic has high thermal shock resistance and physical properties, high wear resistance and high corrosion resistance. Y14 can be manufactured in thin sections of 5mm up to approximately 25mm.
Z11	Material Composite Y11/U01	Ceramic Polyurethane Combination	Z11 is a useful material for applications requiring low angle erosion and abrasion resistance. The Y11 Silicon Nitride bonded Silicon Carbide tiles provide a

WARMAN CODE	MATERIAL NAME	TYPE	DESCRIPTION
			very hard wear resistant surface with the U01 polyurethane providing support. The polyurethane backing allow the 'brittle' ceramic tile to float and absorb higher angle and large particle impacts.
Z12	Material Composite Y11/A12	Ceramic Alloy Combination	Z12 is the combination of Y11 Nitride bonded Silicon Carbide and A12 Ultrachrome 27% Cr White Iron. It is application for parts that require resistance to low angle erosion and sliding abrasion for particle sizes up to 5mm.
Z13	Material Composite Y11/A05	Ceramic Alloy Combination	Z13 is the combination of Y11 Nitrided bonded Silicon Carbide and A05 Ultrachrome 27% Cr White Iron. It is applicable for parts that require resistance to low angle erosion and sliding abrasion for particle sizes up to 5mm.
Z14	Reaction Bonded Silicon Carbide/Foam	Ceramic/ Polyurethane Foam Combination	Z14 is used in cyclone spigot liners. The ceramic Y14 is coated in polyurethane foam. This foam provides protection and a light weight coating to seat the thin walled ceramic in position in the DMC casing.
Z15	Nitride Bonded Silicon Carbide / Polyurethane	Ceramic / Polyurethane Combination	Z15 is a useful material for applications requiring low angle erosion and abrasion resistance. The Y08 Nitride bonded Silicon Carbide tiles provide a very hard, wear resistance surface with the U01 polyurethane providing support. The polyurethane backing allows the 'brittle' ceramic tile to float and absorb higher angle and large particle impacts.
Z16	Nitride Bonded Silicon Carbide / Ultrachrome™ 27% Cr	Ceramic / White Iron Combination	Z16 is the combination of Y08 Nitrided bonded Silicon Carbide and A05 Ultrachrome™ 27% Cr White Iron. It is applicable for parts that require resistance to low angle erosion and sliding abrasion for particle sizes up to 1000µm.

## APPENDIX 3 – SLURRY FRICTION HEAD LOSSES IN PIPELINES

### INTRODUCTION

Despite the long history of successful slurry pumping operations covering a wide range of slurries, limited published data is available to estimate Hf accurately, for every possible duty. A high degree of accuracy is normally required only if Hf represents a high proportion of the Total Dynamic Head, H, for a proposed application so that large errors in estimating Hf would be reflected in correspondingly large errors in estimating H.

This normally applies to very long distance pumping duties only. For most Warman Pump applications, a high degree of accuracy in estimating Hf is not required.

### HOMOGENEOUS SLURRIES: (PARTICLES ESSENTIALLY ALL FINER THAN 50 $\mu$ m)

At sufficiently low concentrations Hf will be close to that for clear water and may be estimated by the same empirical method as applied to Category 'A' Heterogeneous Slurries.

At sufficiently high concentrations, the Yield Stress characteristic largely influences the value of Hf. For further information on pumping, homogeneous slurries with high concentrations, contact your nearest Warman representative.

### HETEROGENEOUS SLURRIES: CATEGORY 'A'

Category 'A': Particles essentially all coarser than 50 $\mu$ m and finer than 300 $\mu$ m and with Cw from ZERO to 40%.

Typical friction head loss curves for this category are illustrated in [Figure A3-1](#). Analyses of Hf data on these slurries indicates that, for any given solids concentration, the slurry Hf is numerically higher than the water Hf, for velocities below approximately 1.30 VL. However, the Hf value does not fall below a minimum at lower velocities, due to the effect of solids which settle in the pipe. This minimum occurs at approximately 0.70VL, where the slurry Hf is approximately numerically equal to the Hf for water at VL.

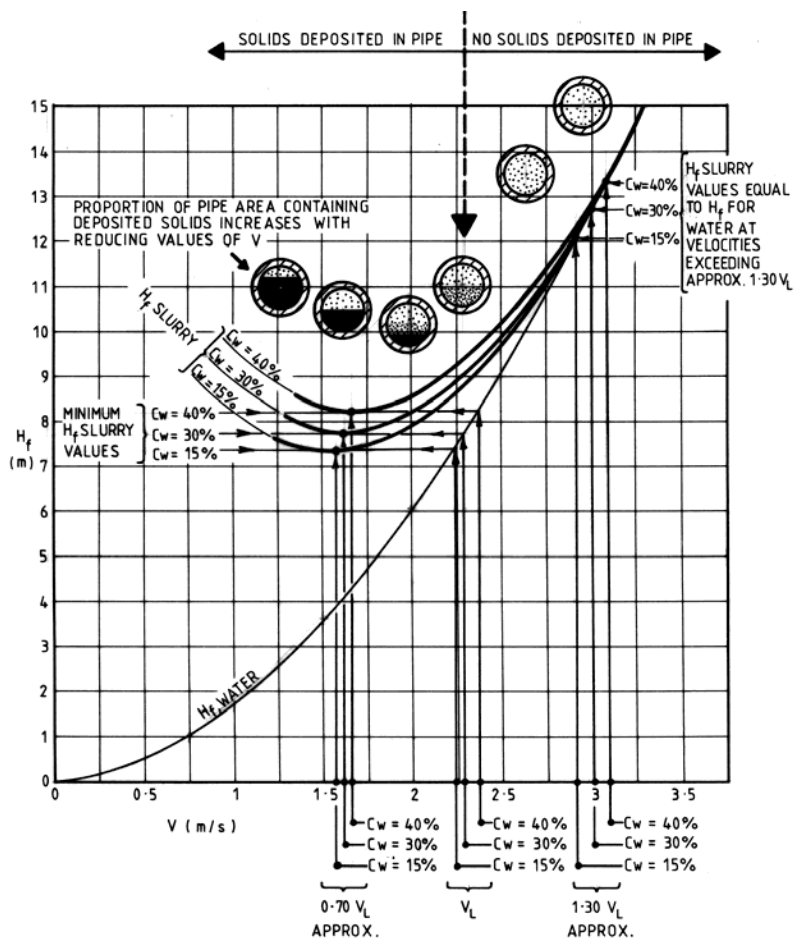


FIGURE A3-1 TYPICAL Hf CURVE FOR CATEGORY 'A' SLURRIES

The empirical data are summarised:

At 1.30 VL (approximately):

Slurry Hf is numerically equal to water Hf.

At 0.70 VL (approximately):

Slurry Hf is at its minimum value.

Slurry Hf is numerically equal to the Hf for water at VL.

The most economical slurry velocity is a velocity a little in excess of VL, thus these empirical relationships allow the construction of the useful portion of the estimated slurry Hf curve, in relation to the water Hf curve, for the same pipe.

Consequently, a reliable method of estimating Hf for water should be adopted, when estimating a Category 'A' Slurry Hf.

NOTE: Both water Hf (head of water) and slurry Hf (head of mixture) should each be expressed in head of actual "mixture" pumped.

Figure A3-1 also illustrates the construction of the estimation slurry Hf curves, based upon the estimated water Hf curve. Each slurry Hf curves meets tangentially with its minimum Hf value and meets tangentially with the water Hf curve where the value of VL corresponds to 1.30 VL.

It is emphasised that this empirical method of estimating Hf for these Category ‘A’ slurries is not precise but, in the absence of pipeline test rig data, or other more reliable data, it provides estimates considered to be reasonably accurate for many practical slurry pumping applications.

## HETEROGENEOUS SLURRIES: CATEGORY ‘B’

Category ‘B’: Particles essentially all coarser than 50 $\mu$ m and finer than 300 $\mu$ m but with Cw greater than 40%.

Generally, friction head losses for this category are much higher than for Category ‘A’ due largely to the increased friction effect of the more closely-packed solids content upon the pipewall. This effect generally increases with increasing Cw and is so greatly influenced by a number of variables, for example, Cw, S, Sl, d50, and actual sieve analysis of solids present that it is not possible to provide a simple empirical method of estimating slurry Hf.

In general, slurry Hf values may vary over a range, commencing with values approximately equal to those applicable to Category ‘A’ slurries at Cw = 40%, to values up to double or more those of Category ‘A’ slurries, for velocities in excess of VL.

Consequently, Hf values for Category ‘B’ slurries must often be estimated, then adjusted by an “experience factor”. The Hf values are first estimated as if for category ‘A’, after allowing for the lower values of FL (and VL) associated with values of Cw in excess of Cw = 30%, see [Figure A3-1](#).

The true values of Hf may be double or more the estimated values. This is allowed for by providing reserves of speed and power for values of Hf up to double, or more, of the values estimated for Hf. While this introduces the risk of large error in the estimation of Hf, the effective overall error in estimating Total Dynamic Head (H) is relatively small, if the other components of H (for example, Z, Hpf and Hve), when combined, represent the major portion of H.

Should the value of H be estimated with a relatively small error, the effect would probably be almost insignificant. For example, it would simply result in a slightly higher or lower value of Zs in the hopper and/or a correspondingly slightly higher or lower power consumption. Should the error be more significant, with obvious overspeed or underspeed, the pump speed may be adjusted, for example, by changing the motor pulley or via a variable speed control, if provided. In either case, the drive motor should be adequately rated.

NOTE: Some test work results for slurry containing heavy solids (S = 4.6 to 5.3) of approximately 150 $\mu$ m sizing has shown a trend towards decreasing head loss with

increasing solids concentration, between  $C_v = 10\%$  and  $C_v = 25\%$  (that is,  $C_w$  between approximately 40% and 60%).

Many Warman pumps are used in heavy-duty Category 'B' slurry applications.

Typical examples includes the following:

- a) Mill Discharge Plant;
- b) Thickener Underflow;
- c) Sand Tailings Stacking, and;
- d) Gravity Concentrator Feed.

## HETEROGENEOUS SLURRIES: CATEGORY 'C'

Category 'C': Particles essentially coarser than  $300\mu\text{m}$  and  $C_w$  from ZERO to 20%.

Generally, friction head losses for Category 'C' slurries are also much higher than for Category 'A'.

The more common applications for Warman pumps on Category 'C' slurries are the suction dredging of gravel and/or coarse sand. In normal dredging operations,  $C_w$  is often less than 20%, due to the impracticality of continuously entraining such coarse particles at the intake of the suction pipe at a higher value of  $C_w$ .

$H_f$  for these slurries is estimated on the basis of the minimum average velocity FOR DESIGN being no less than  $V_L$  when  $FL = 1.4$ .

For  $V_L$  and for velocities greater than  $V_L$  – the slurry  $H_f$  is taken to be numerically equal to 1.10  $H_f$  for water, that is, numerically 10% higher than the estimated water  $H_f$ .

## HETEROGENEOUS SLURRIES: CATEGORY 'D'

Category 'D': Particles essentially coarser than  $300\mu\text{m}$  and  $C_w$  greater than 20%.

Generally, friction head losses for Category 'D' slurries are higher than for Category 'A'. The values of  $H_f$  may be first estimated by the same method as for Category 'A'. However, the true slurry  $H_f$  may vary from values close to those for Category 'A' up to three times or more those of Category 'A' slurries, (for velocities in excess of  $V_L$ ). Consequently, reserves of speed and power should be provided.

## ESTIMATION OF FRICTION HEAD LOSSES FOR CLEAR WATER

The recommended method for estimating  $H_f$  for clear water is by using Darcy's formula as follows:



$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{where,}$$

$H_f$  = Friction Loss (m)

$L$  = Total Equivalent Length of Pipe (m)

$D$  = Inside diameter of pipe (m)

$f$  = Darcy Friction Factor

$V$  = Velocity (m/s)

$g$  = Gravitational Acceleration (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Use the Warman Pipe Friction Chart, Figure A3-2, to evaluate the Darcy Friction Factor,  $f$ .

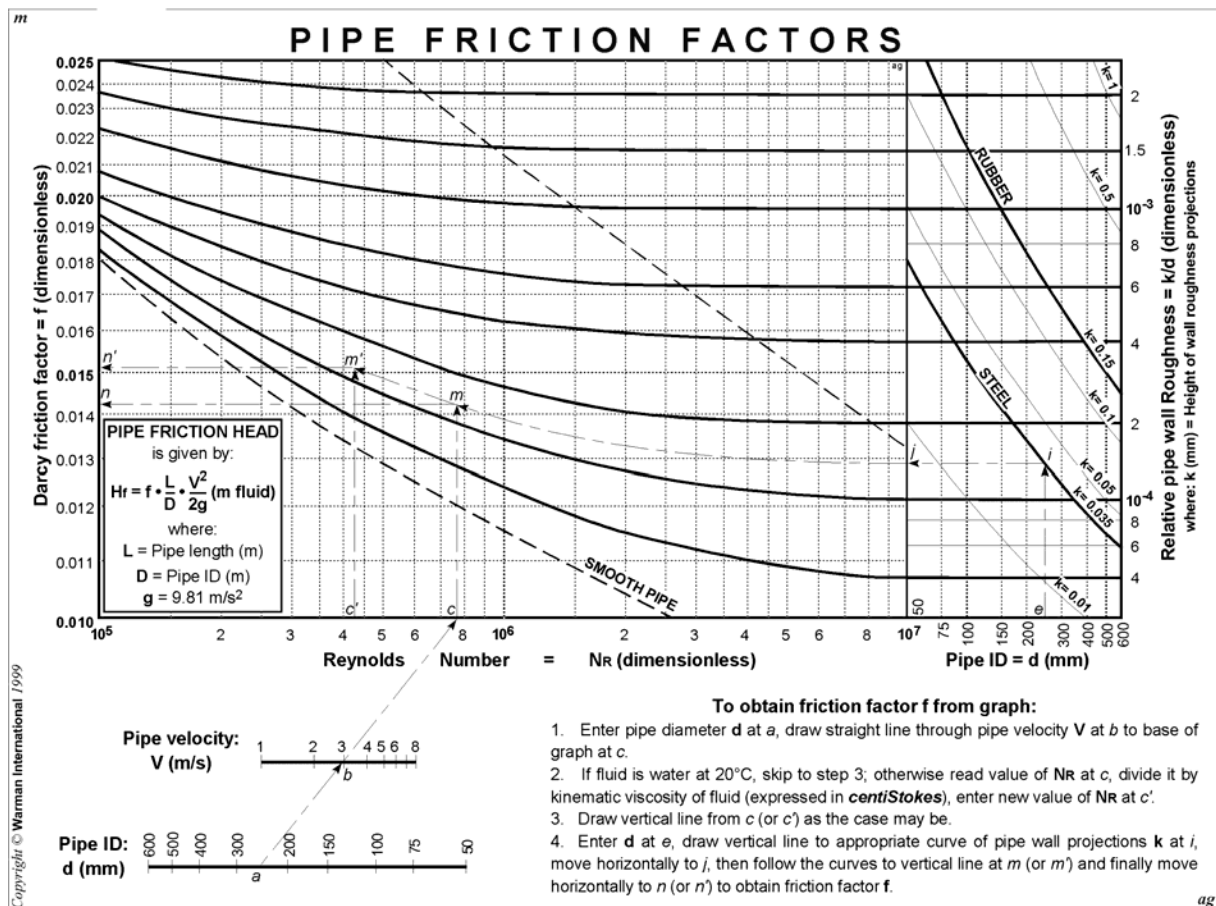


FIGURE A3-2 WARMAN PIPE FRICTION CHART

NOTE: For convenience, this chart is entered at values of Inside Diameter of Pipe: “ $d$ ”, expressed in mm.

- a) The application of Darcy’s formula, in combination with the Warman Pipe Friction Chart, is the recommended method of estimating  $H_f$  for water. This information should then be used for construction of the System Resistance

Curves for clear water and Category ‘A’ slurries (by the empirical method) illustrated in [Figure A3-1](#).

The advantages of this procedure are:

- i. The Warman Pipe Friction chart provides the Darcy Friction Factor (and thus Hf) values for clear water based on the most reliable data available to the date of this publication. This data take into account the maintenance of certain values for Relative Pipe Wall Roughness, k/d, due to the continuous ‘polishing’ action of abrasive slurries flowing through the pipes.

For example, on [Figure A3-2](#), the values of k/d for ‘commercial steel’ pipes are the same as the values for ‘cement’ and ‘polythene’ pipes. However, when these pipes are used for handling non-abrasive liquids only, such as clear water, the true values of k/d for steel pipes would be actually a little higher, yielding correspondingly higher values of Hf for water.

- ii. The empirical method for the construction of the estimated System Resistance Curve for water, and the subsequent construction of the System Resistance Curve for slurry allows for the varying degrees of difference between Hf for water and Hf for slurries. This is particularly the case in the range of flow rate between VL to 1.30 VL, which is the usual range of most interest.

**b) Example of Friction Head Loss Estimation for Water**

- Given  $L = 700m$  of commercial steel pipe
- $d = 200mm$  (ie:  $D = 0.200m$ ), see [Figure A3-3](#)
- $Q = 94.25 L/s$
- $g = 9.81 m/s^2$

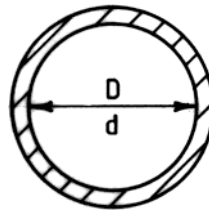


FIGURE A3-3 PIPE DIAMETER

**c) Calculations**

Cross-sectional areas of Pipe at inside Diameter

$$= \frac{D^2}{4} \pi = \frac{0.2^2}{4} \pi \times 3.1416 = 0.031416m^2$$

As  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litres}$ ,

$$\text{Flow rate in } \text{m}^3 / \text{s} = \frac{Q}{1000} = \frac{94.25}{1000} = 0.09425 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{As } V = \frac{\text{Flow rate (m}^3 / \text{s)}}{\text{Cross sectional area of pipe (m}^2)}$$

$$\text{Average Pipeline Velocity, } V = \frac{0.0942}{0.031416} = 3.0 \text{ m/s}$$

Alternatively,

$$V = \frac{1273 \times Q}{d^2} = \frac{1273 \times 94.25}{200 \times 200} = 3.0 \text{ m/s}$$

Refer to the Warman Pipe Friction Chart, [Figure A3-2](#).

As illustrated with arrowed lines, the chart is entered at the right hand bottom scale, along the applicable ‘d’ co-ordinate and, at its intersection with the appropriate (‘pipe surface material’) reference line, the corresponding ‘k/d’ co-ordinate is followed across, towards the left hand portion of the chart, until it intersects the ‘NR = 10<sup>7</sup>’ co-ordinate.\* From this intersection, the ‘k/d’ co-ordinate is drawn as a curve following the geometry of the adjacent family of curves. (\* Reynolds Number (NR) is a dimensionless expression for the ratio of inertia forces to viscous forces).

The left hand portion of the chart is entered separately via a line drawn across the nomogram axes ‘d’ and ‘V’, at their applicable values, to intersect the ‘f = 0.008’ co-ordinate. This is equivalent to entering the chart at the appropriate value of Reynolds Number (NR) for clear water at 20°C. From this intersection, the ‘NR’ co-ordinate is followed until its point of intersection with the ‘k/d’ curve which has been drawn in the previous step.

This point lies on the required ‘f’ value co-ordinate: ‘f’ = 0.0158.

Thus the value of friction loss, H<sub>f</sub> can be evaluated as follows:

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (m)$$

$$H_f = 0.0158 \times \frac{700}{0.200} \times \frac{3.0^2}{2 \times 9.81} = 25.4m$$

## APPENDIX 4 – TOTAL DYNAMIC HEAD

### ABSTRACT

The main components of Total Dynamic Head are:

- a) Total Discharge Head, and
- b) Total Suction Head.

The equation is:

*Total Dynamic Head = Total Discharge Head - Total Suction Head*

*Algebraically,  $H = (H_d) - (H_s)$  (m)*

*or,  $H = (H_{gd} + H_{vd}) - (H_{gs} + H_{vs})$  (m)*

*The values  $H_{vd}$  and  $H_{vs}$  are always positive (+ve)*

*$H_d$  is usually positive (+ve), (above pump centreline)*

*$H_s$  may be positive (+ve), (above pump centreline) or negative (-ve), (below pump centreline).*

*When  $H_s$  is positive (+ve):  $H = (H_d) - (H_s)$  ie:  $H = H_d - H_s$*

*When  $H_s$  is negative (-ve):  $H = (H_d) - (H_s)$  ie:  $H = H_d + H_s$*

#### a) Total Discharge Head, $H_d$

*Basic Simple Formula:  $H_d = Z_d + H_{fd} + H_{ve}$  (m)*

*$Z_d$  may be positive (+ve) or negative (-ve)*

If applicable, additional terms must be included in the formula to account for increased value of  $H_d$ , due to any contractions (for example, nozzle friction loss) and enlargements; friction loss in a flow-measuring device and exit into pressure-fed equipment, for example, a hydraulic cyclone.

#### b) Total Suction Head, $H_s$

*Basic Simple Formula:  $(H_s) = (Z_s) - H_i - H_{fs}$  (m)*

*$(H_s)$  and  $(Z_s)$  may each be positive, (+ve) or negative (-ve).*

If applicable, additional or substitute terms must be included in the formula to account for increased or decreased values of  $H_s$  due to any contractions, enlargements, flow measuring device. These are as follows:

- i) liquid supply surface being under pressure,  $H_{pr}$ , or under vacuum,  $H_{vac}$ ;

- ii) differential column head loss,  $Z_c$ , and
- iii) substitution of effective mixture static suction head  $Z_{sm}$  in lieu of  $Z_s$ .

NOTE: Values of  $H_s$  are directly applicable in NPSHa calculations and in selection of shaft-sealing arrangements.

## RELATIONSHIPS BETWEEN HEAD, SPECIFIC GRAVITY AND PRESSURE OR VACUUM

The term “Total Dynamic Head” correctly describes the driving force developed by a centrifugal pump, regardless of the Specific Gravity of the liquid or slurry pumped. The head (+ve) or (-ve) at any point in the system may be converted to pressure or vacuum, respectively, by the application of conversion formulae.

### TOTAL DYNAMIC HEAD

Total Dynamic Head,  $H$ , is the head which is required by a given system to maintain a given flow rate,  $Q$ , through the system.

$H$  varies as the flow rate through the system,  $Q$ , varies. The relationship of  $H$  with  $Q$  is known as the System Resistance and may be expressed algebraically or graphically.

#### a) Total Dynamic Head: With Positive (+ve) Suction Head

**Figure A4-1** illustrates a pump discharging a flow rate,  $Q$ , with discharge and suction gauge pressure heads, both relative to atmosphere and both corrected to pump centreline, measured at the pumps discharge flange and at the pump suction flange, respectively. All heads are expressed in metres of actual mixture being pumped.

The Total Dynamic Head,  $H$ , required to maintain flow rate  $Q$  through the system is the algebraic difference between the Total Discharge Head and the Total Suction Head.

$$\begin{aligned}
 H &= H_d - (H_s) \\
 &= (H_{gd} + H_{vd}) - (H_{gs} + H_{vs})
 \end{aligned}$$

$$\text{where } H_{vd} = \frac{V_d^2}{2g} \text{ and } H_{vs} = \frac{V_s^2}{2g}$$

These velocities represent the actual values for average velocity at the pump discharge flange ( $V_d$ ), and at the pump suction flange ( $V_s$ ), respectively.

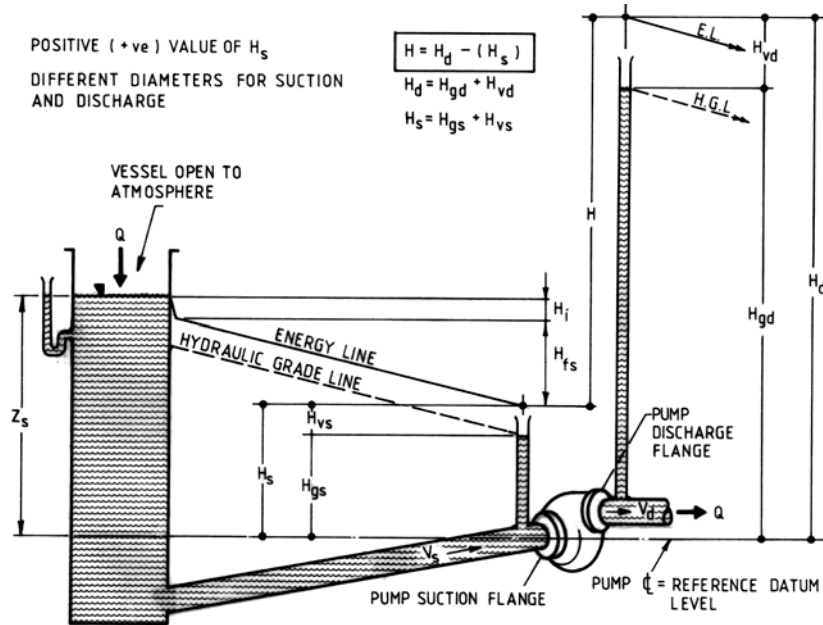


FIGURE A4-1 TOTAL DYNAMIC HEAD WITH POSITIVE INTAKE HEAD

b) Total Dynamic Head: With Negative (-ve) Suction Head

When  $H_s$  is negative (-ve) that is, a vacuum head is indicated by the gauge, as in Figure A4-2, the substitution of the negative value in the formula serves to positively increase the value of  $H$  with respect to  $H_d$ .

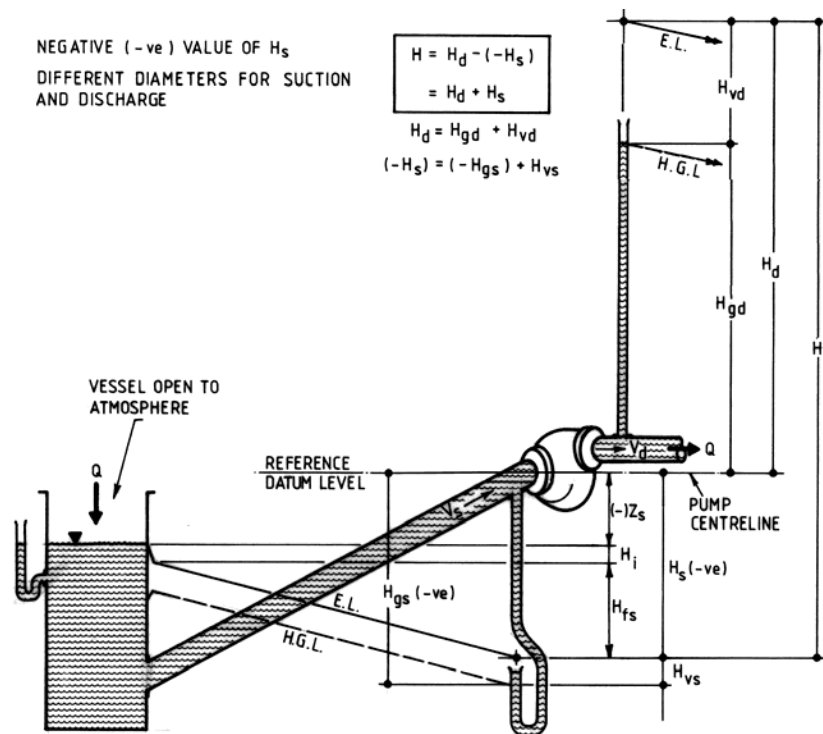


FIGURE A4-2 TOTAL DYNAMIC HEAD WITH NEGATIVE INTAKE HEAD

## ESTIMATION OF TOTAL DYNAMIC HEAD

As  $H = (H_d) - (H_s)$  and as the suction and discharge pipes are often of different internal diameter, it is advisable to estimate values of  $H_d$  and  $H_s$  separately. The formulae used should be the Basic Simple Formulae, but amended where necessary to allow for any additional or substitute terms specific to the proposed duty as follows:

**a) Total Discharge Head:  $H_d$**

Basic Simple Formula:  $H_d = (Z_d) + H_{fd} + H_{ve}$

Typical possible additional terms are as follows:

- i) Head Loss on conical enlargement (see [Figure A4-4](#));
- ii) Head Loss on contraction (see [Figure A4-4](#));
- iii) Head Loss on Exit into Pressure-Fed Equipment (refer to **Head Loss at Exit into Pressure-Fed Equipment**).

**b) Total Discharge Head:  $H_s$**

Basic Simple Formula:  $H_s = (Z_s) + H_i + H_{fs}$

Typical possible additional terms are as follows:

- i) Head GAIN in supply from Pressure Vessel,  $H_{pr}$ ;
- ii) Head Loss in supply from Vacuum Vessel,  $H_{vac}$
- iii) Head Loss on Differential Column (applicable in dredge applications,  $Z_c$  – refer to **Differential Column Head Loss**)

## SEPARATE ESTIMATES OF SUCTION HEAD & DISCHARGE HEAD

**a) Pipeline Friction Head Loss,  $H_f$**

The friction head loss in a given pipeline is estimated for the Total Equivalent Length of Pipe,  $L(m)$ , which is the sum of the Total Actual Length of Pipe,  $L_a(m)$  and the Aggregate of Equivalent Lengths for all valves, bends and like fittings,  $L_f(m)$  (see [Figure A4-3](#)) contributing to friction head loss in the pipeline.

INTERNAL DIAMETER or N.B. mm	90° Long Radius Bend	90° Short Radius Bend	Elbow	Tee	Rubber Hose	Diaphragm Valve Full Open	Full Bore Valve Round Way	Plug-Lub Valve Rect. Way	*"Tech-Taylor" Valve Ball Type
EQUIV. LENGTH IN m OF STRAIGHT PIPE GIVING EQUIVALENT RESISTANCE TO FLOW									
25	0.52	0.70	0.82	1.77	0.30	2.56	—	0.37	—
32	0.73	0.91	1.13	2.38	0.40	3.29	—	0.49	—
40	0.85	1.10	1.31	2.74	0.49	3.44	1.19	0.58	—
50	1.07	1.40	1.68	3.35	0.55	3.66	1.43	0.73	—
65	1.28	1.65	1.98	4.27	0.70	4.60	1.52	0.85	—
80	1.55	2.07	2.47	5.18	0.85	4.88	1.92	1.04	0.20
90	1.83	2.44	2.90	5.79	1.01	—	—	1.22	—
100	2.13	2.77	3.35	6.71	1.16	7.62	2.19	1.40	0.23
115	2.41	3.05	3.66	7.32	1.28	—	—	1.58	—
125	2.71	3.66	4.27	8.23	1.43	13.11	3.05	1.77	0.30
150	3.35	4.27	4.88	10.06	1.55	18.29	3.11	2.13	0.37
200	4.27	5.49	6.40	13.11	2.41	19.81	7.92	2.74	0.82
250	5.18	6.71	7.92	17.07	2.99	21.34	10.67	3.47	0.61
300	6.10	7.92	9.75	20.12	3.35	28.96	15.85	4.08	0.76
350	7.01	9.45	10.97	23.16	4.27	28.96	—	4.88	0.91
400	8.23	10.67	12.80	26.52	4.88	—	—	5.49	1.04
450	9.14	12.19	14.02	30.48	5.49	—	—	6.22	1.16
500	10.36	13.11	15.85	33.53	6.10	—	—	7.32	1.25

\*"TECH-TAYLOR" VALVE IS A BALL TYPE CHANGEVER DEVICE USED ONLY ON THE DELIVERY SIDE OF THE PUMP  
 NOTE: 1. FOR 135° BEND, USE 50% OF EQUIVALENT LENGTH FOR 90° BEND.

2. L<sub>f</sub> IS THE AGGREGATE OF EQUIVALENT LENGTHS FOR ALL PIPELINE FITTINGS AND VALVES IN A GIVEN PIPELINE.

FIGURE A4-3 EQUIVALENT LENGTHS OF PIPE FITTINGS AND VALVES

Generally  $L = L_a + L_f$ .

Specifically:

- i) For Suction Side:  $L_s = L_{as} + L_{fs}$  (Friction Head Loss = H<sub>fs</sub>)
- ii) For Discharge Side:  $L_d = L_{ad} + L_{fd}$  (Friction Head Loss = H<sub>fd</sub>)

Values of H<sub>fs</sub> and H<sub>fd</sub> should be estimated separately, for example, during the preparation of the respective separate sets of calculations leading to the estimates of H<sub>s</sub> and H<sub>d</sub>. By separately estimating H<sub>s</sub>, its value is readily available for use in NPSHa CALCULATIONS, (refer to **APPENDIX 6 – NET POSITIVE SUCTION HEAD (NPSH)**), and in the selection of Shaft-Sealing arrangements (refer to **Shaft Sealing**).

**b) Inlet Head Loss, Hi: Exit Velocity Head Loss, Hve**

Separate provision is always made in the standard formulae for the terms:

- i) Hi, the Inlet Head Loss (Suction side only), and
- ii) Hve, the Exit Velocity Head Loss (Discharge side only).

That is, the terms Hi and Hve are included in the standard formulae for H<sub>s</sub> and H<sub>d</sub> respectively.



**c) Head Losses due to Contractions and Enlargements**

These additional head losses are calculated by use of the formulae provided in [Figure A4-4](#). As no separate provisions are made in the standard Hs and Hd formulae for individual symbols or terms anticipating these friction head losses, any such estimated head losses, if applicable, should properly be added to the values calculated for Hfs or Hfd respectively.

Friction losses in jet nozzles (Hn) may be treated as for conical contractions unless more reliable head loss data is available.

GROUPS 1 TO 5 IN TABLE SHOW THE APPROXIMATE PROPORTIONS OF VELOCITY HEAD,  $H_v = \frac{v^2}{2g}$ , WHICH APPLY TO CERTAIN CONDITIONS.

V IS USED TO INDICATE THE UPSTREAM VELOCITY AND  $v_1$  THE DOWNSTREAM VELOCITY.

GROUP	ITEM	HEAD LOSS (m)	GROUP	ITEM	HEAD LOSS (m)										
1.	Loss of head at inlet $H_i$ From pump hopper to pump or from storage tank to pump.	$0.5 \frac{v_1^2}{2g}$  $1.0 \frac{v_1^2}{2g}$  $0.05 \frac{v_1^2}{2g}$		Loss of head due to sudden contraction: $K_c$ is a factor depending on ratio $\frac{d_1}{d_2}$ where $d_1$ is the large diameter and $d_2$ the small diameter as illustrated.	$K_c \frac{v_1^2}{2g}$										
	(a) Flush Connections.					Ratio $d_1/d_2$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
	(b) Projecting connection and dredge suction pipes.					Factor $K_c$	0.08	0.17	0.25	0.34	0.37	0.41	0.43	0.45	0.46
	(c) Rounded Connection.		4.	Loss of head due to sudden enlargement:	$\frac{(v-v_1)^2}{2g}$										
2	Loss of head due to conical enlargement from pump discharge flange to discharge pipeline <table border="1"> <tr> <td>included angle <math>\theta</math></td> <td>6°</td> <td>65°</td> </tr> <tr> <td>factor <math>K_e</math></td> <td>0.14</td> <td>1.15</td> </tr> </table>	included angle $\theta$	6°	65°	factor $K_e$	0.14	1.15	$K_e \frac{(v-v_1)^2}{2g}$	5	loss of head due to conical contraction : e.g. Jet Nozzles SEE CAMERON PAGE 3 – 110	$K_c \frac{(v-v_1)^2}{2g}$				
included angle $\theta$	6°	65°													
factor $K_e$	0.14	1.15													

\* FOR CONICAL ENLARGEMENTS, MAXIMUM HEAD LOSS OCCURS WHEN INCLUDED ANGLE IS 65°, WHEN  $K_e=1.15$ . MINIMUM HEAD LOSS OCCURS WHEN INCLUDED ANGLE IS 6°, WHEN  $K_e=0.14$ .

FIGURE A4-4 HEAD LOSSES AT INLET, CONTRACTION AND ENLARGEMENT

**d) Sundry Additional Causes of Effects on Hfs or Hfd**

The calculated values for Hfs and Hfd must be corrected to allow for permanent friction head losses when any in-line restrictions, such as flow-measuring devices, are intended to be installed (for example, quarter-circle orifice plates).

**e) Differential Column Head Loss**

[Figure A4-5](#) depicts a mixture of Specific Gravity,  $S_m$ , flowing upwards and drawn from a supply of settled solids and overlying liquid,  $S_l$ . As the liquid of the same vertical height,  $Z_l$ . The resulting effective static head loss is known as the differential Column Head loss,  $Z_c$ :

where  $Z_c = Z_l \left( \frac{S_m - S_l}{S_m} \right)$  (m)  $S_m$  is greater than  $S_l$ , the vertical height  $Z_l$ ,

of mixture in the submerged portion of the suction pipe is not completely balanced by the surrounding

Where this condition exists,  $Z_c$  must be included as an additional head loss in the pipe system. This would effect both total head and NPSHa (refer to [APPENDIX 6 – NET POSITIVE SUCTION HEAD \(NPSH\)](#)).

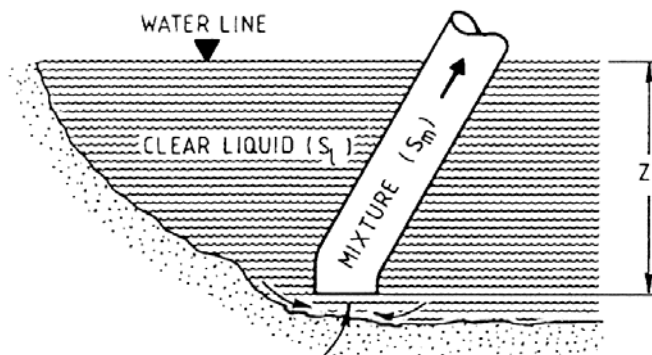


FIGURE A4-5 DIFFERENTIAL COLUMN HEAD LOSS

## APPENDIX 5 – LIMITING SETTLING VELOCITY

### GENERAL NOTES

Slurries containing essentially fine particles (predominantly less than 50 microns (0.05mm) are generally considered non-settling (homogeneous) and can normally be assessed without consideration for settling. In high concentrations however, these slurries often exhibit non-Newtonian flow properties (or rheology) and require special consideration in determining suitable pump and system parameters. Further information can be obtained by contacting your nearest Warman office.

Slurries containing particles predominantly greater than 50 microns are generally considered settling (heterogeneous), which is the case in the majority of slurry pumping applications.

Slurries containing solid particles essentially coarser than 50 microns are transported in suspension by a liquid in a pipe, providing the average velocity,  $V$  is no less than the limiting settling velocity  $V_L$ . At any velocity below  $V_L$ , solids are deposited in the pipeline. This results in increased pipeline friction head loss, with reducing flow rate and may lead to a blockage of the pipeline.

### DETERMINATION OF LIMITING SETTLING VELOCITY

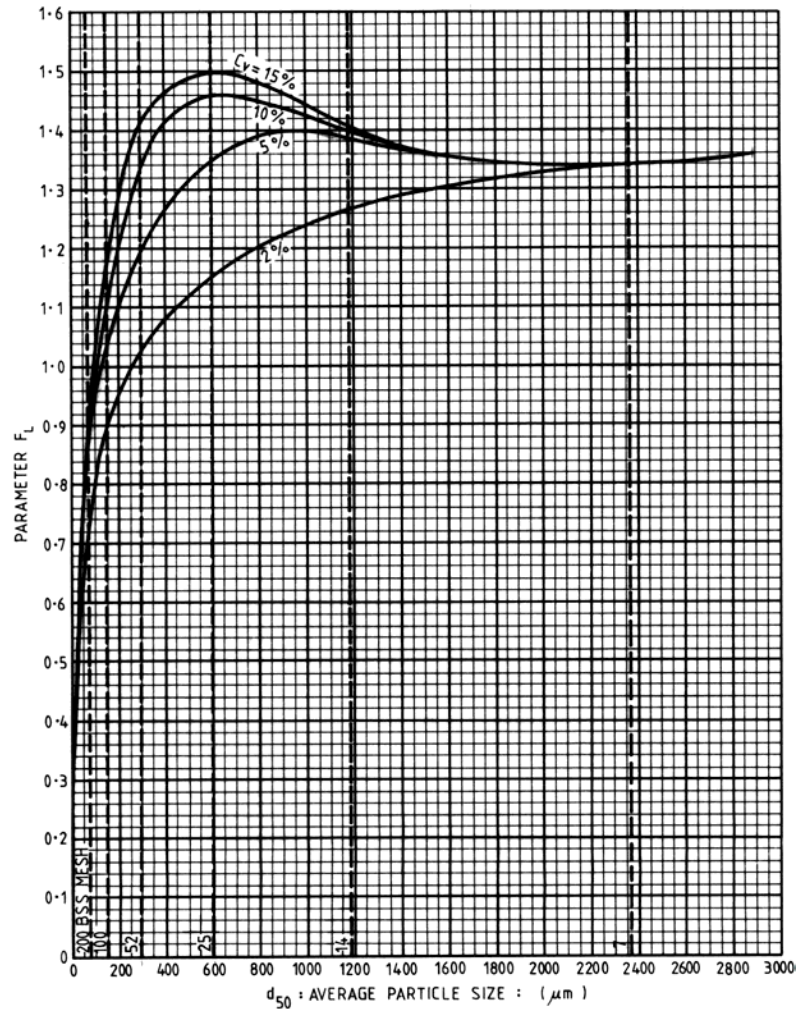
In order to determine  $V_L$  accurately, it is necessary to conduct tests with the slurry on a pipeline test rig. As a practical alternative, where this is not possible, the  $V_L$  may be established by a skilled specialist or estimated by one of the following methods, each based on Durand's formula:

$$\text{Durand's Formula} \quad V_L = FL \sqrt{2gD \frac{(S - Sl)}{Sl}}$$

Where the parameter  $FL$  is dependent upon particle sizing and solids concentration.

Durand's Formula was derived initially from tests carried out on slurries of closely – graded particle sizing (see [Figure A5-1](#)).

A closely-graded particle sizing (for the purposes in this Handbook), is regarded as one where the ratio of particle sizes, expressed as testing screen apertures, does not exceed approximately 2:1, for at least 90% by weight of the total solids in the sample.



**FIGURE A5-1 DURAND'S LIMITING SETTLING VELOCITY PARAMETER  
(For particles of closely graded sizing)**

Subsequent tests indicate that values of FL, (from [Figure A5-1](#)), provide conservative (high) values for VL in respect of:

- a) Slurries of more widely-graded particle sizing, and/or
- b) Slurries of sizing containing significant proportions of particles finer than 100µm.

It is important that values of FL (and VL) are not excessively conservative (high). Excessively conservative estimates of FL (and VL) will result in the high pipeline velocities, high power consumption and high rates of wear on pipes and pumps.

Method (A): ESTIMATING FL: CLOSELY-GRADED PARTICLE SIZING:

Given the values for d50 and Cv; values of FL are obtained from [Figure A5-1](#).

Method (B): ESTIMATING FL: WIDELY-GRADED PARTICLE SIZING:

Widely-graded sizing are more commonly encountered in slurry pumping operations.

Figure A5-2 represents the results of field tests on slurries of widely-graded sizing. The particle sizing is simply expressed by the  $d_{50}$  term.

The resultant values of  $F_L$  (and consequently,  $V_L$ ) are significantly below those which would be yielded from Figure A5-1.

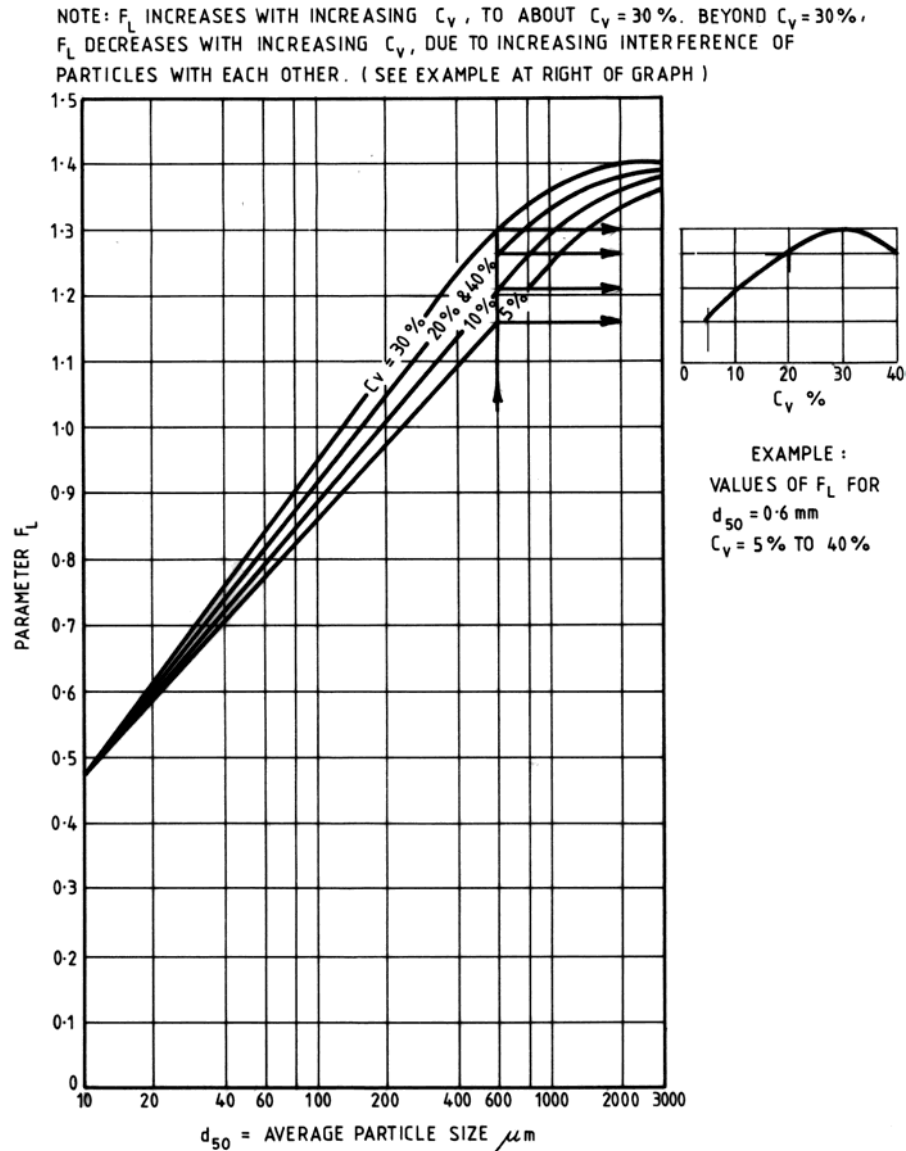


FIGURE A5-2 MODIFIED DURAND'S LIMITING SETTLING VELOCITY PARAMETER (For particles of widely graded sizing)

### EFFECT OF PIPE DIAMETER ON LIMITING VELOCITY

As shown in Durand's equation, the limiting velocity generally increases with the square root of the pipe diameter for any given concentration and particle size.

## APPENDIX 6 – NET POSITIVE SUCTION HEAD (NPSH)

### GENERAL NOTES

One factor limiting the suction performance of a centrifugal pump is the Net Positive Suction Head (NPSH), required at the pump intake, to avoid cavitation.

#### a) NPSH Required

The NPSH required by a centrifugal pump, at any given point on the Head/Quantity (H/Q) curve, is the minimum net amount of energy (expressed in metres head above absolute zero pressure), that the fluid must have at the entrance to the impeller, to avoid cavitation.

Cavitation is the formation of bubbles of vapour at points where the net positive head falls below the vapour pressure of the liquid. The subsequent collapse of these bubbles, as they flow with the liquid into a zone of higher head, may cause severe erosion of the impeller.

The lowest head in a centrifugal pump occurs behind the leading edge of the vanes in the “eye” of the impeller.

Formation of vapour pockets at these points has the following effects on the pump performance:

- i) The head developed decreases.
- ii) The efficiency drops.
- iii) Rumbling or cracking noises and vibration are produced, sometimes resulting in mechanical failures.
- iv) The impeller can be subjected to excessive erosion.

Cavitation is a term which is often wrongly applied to conditions of malfunction of a pump, for example, when air is induced into the pump through leaking pipework or when air is induced at the intake to the pump.

Classical references to cavitation in water pumps indicate that, with a given suction system, the pump performance follows the normal H/Q curve from shut-off head to where cavitation commences at a certain flow rate. Beyond this flow rate, the H/Q curve (for that suction system) falls off sharply and drops almost vertically to complete failure of pump performance.

Tests show that this is not the case with slurry pumps, as the H/Q curve does not fall sharply after commencement of cavitation, but falls away gradually from the cavitation-free curve. This is probably due to the use of wide impellers. Vapour bubbles do not form across the whole width of the impeller

and the flow is only partly restricted. Total performance failure does not occur as sharply as it does with narrower water pump impellers.

The Net Positive Head at a point in a pipeline is the absolute pressure head at that point, plus the velocity head, less the vapour pressure.

Thus, if a pressure head gauge reading is obtained at a point in a pipeline, the Net Positive Head at that point is equal to the gauge head reading, plus atmospheric pressure head, minus the liquid vapour pressure head, plus the velocity head. Gauge readings above atmospheric are taken as positive and below atmospheric as negative.

The Net Positive Head at the suction inlet of a pump is called the NPSH and the minimum NPSH required to avoid cavitation is usually shown on pump performance curves as “NPSH required” (NPSH<sub>r</sub>).

#### b) NPSH Available

For a particular pump installation, the NPSH available must be determined from the system conditions and liquid characteristics. The NPSH available (NPSH<sub>a</sub>) must exceed the NPSH required by the pump at the duty point, to prevent cavitation from occurring.

## FORMULAE FOR NPSHA

Formulae for calculating NPSH<sub>a</sub> are shown in [Figure A6-1a, b, c and d](#). All formulas refer to solids free, Newtonian liquid.

The diagrams are schematic only. They are used to clarify symbols and do not necessarily represent the best installation practice.

#### NOTES:

- i. Use equation (1) to calculate NPSH<sub>a</sub> from pump tests.
- ii. Use equation (2) to predict NPSH<sub>a</sub> from the installation drawings and design data.
- iii. Express all the heads as liquid columns of density corresponding to the pumping temperature.
- iv. Correct the barometric pressure (H<sub>atm</sub>) for altitude ([Figure A6-2](#)).
- v. Typical vapour pressures for water are given in [Figure A6-3](#).

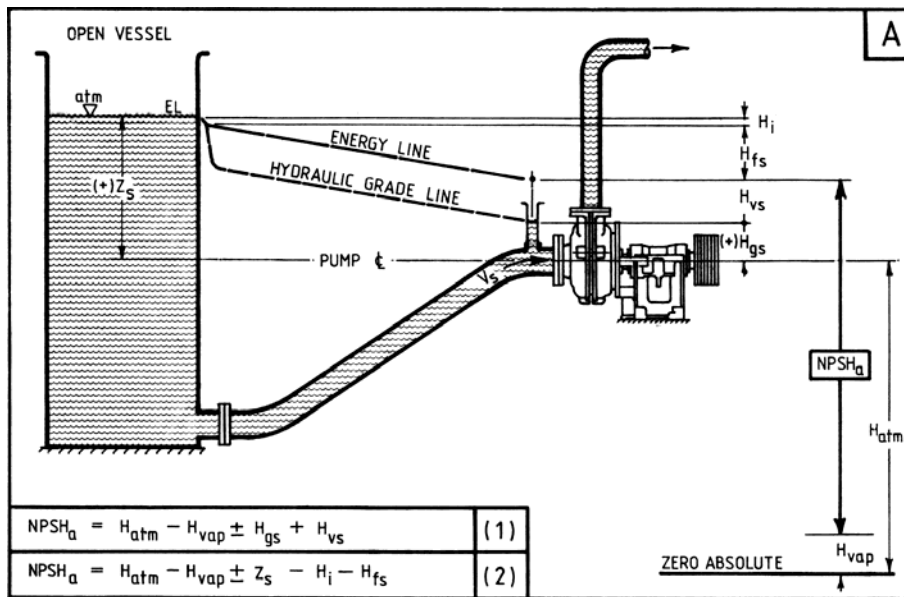


FIGURE A6-1a NPSHa FOR POSITIVE SUCTION CONDITIONS

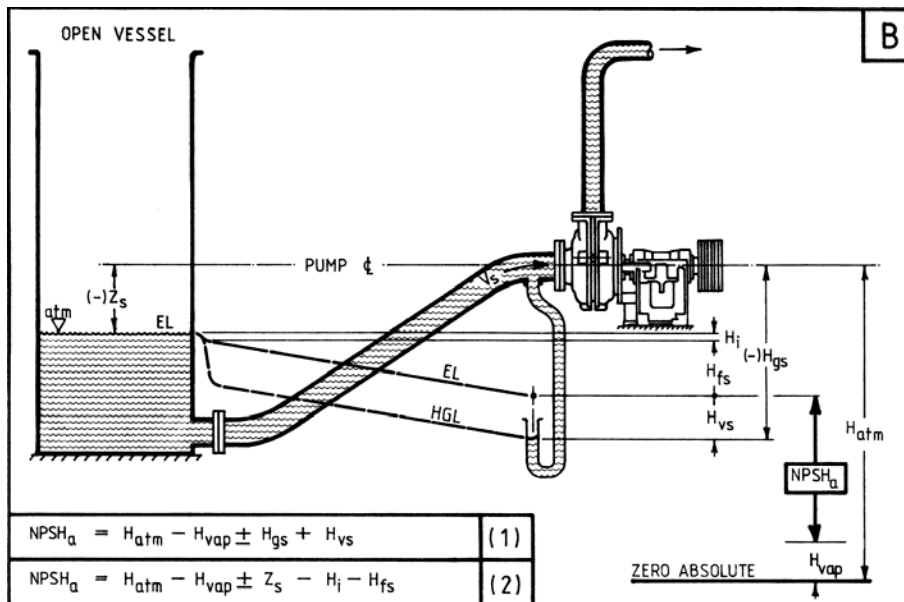


FIGURE A6-1b NPSHa FOR NEGATIVE SUCTION CONDITIONS



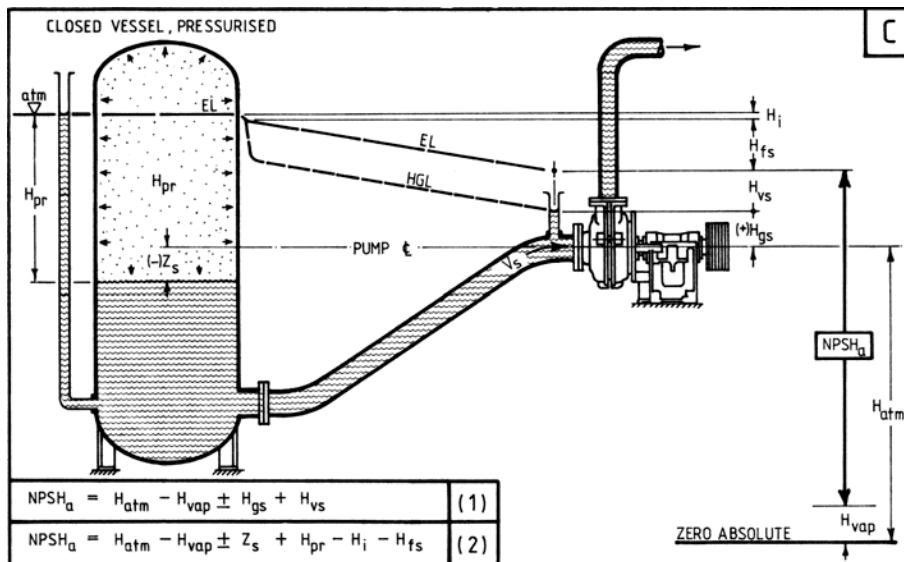


FIGURE A6-1c NPSHa PUMPING FROM A CLOSED PRESSURISED VESSEL

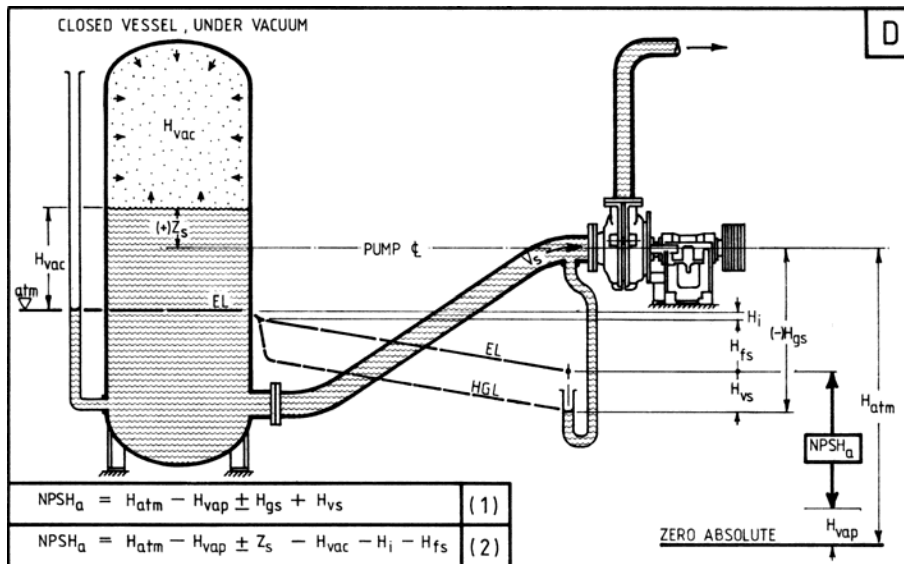


FIGURE A6-1d NPSHa PUMPING FROM A CLOSED VESSEL UNDER VACUUM

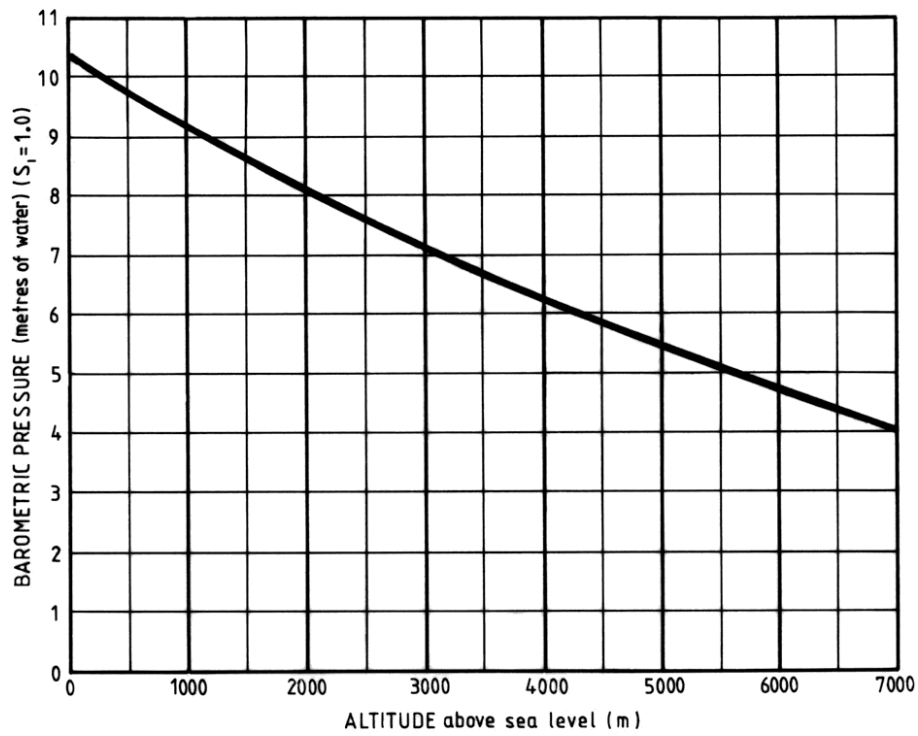


FIGURE A6-2 APPROXIMATE BAROMETRIC PRESSURES

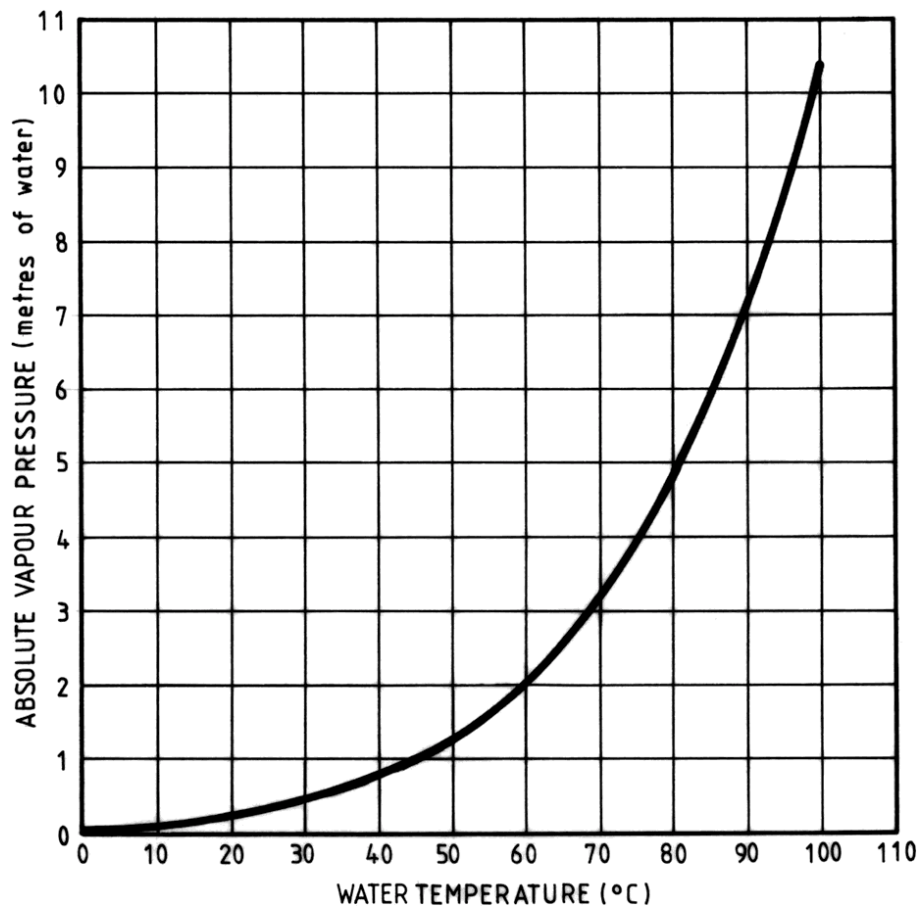


FIGURE A6-3 ABSOLUTE VAPOUR PRESSURE OF PURE WATER

## APPENDIX 7 – SERIES PUMPING

### GENERAL NOTES

Many pumping duties require slurries to be transported over long distances and/or against very high static discharge heads, for example, against total heads well in excess of heads which can be developed by a single centrifugal slurry pump.

Typical examples include many requirements for the pumping of concentrates, tailings, power station ash and underground fill. The high flow rates required are commonly beyond the capacities of available positive displacement pumps (PDP's). In addition, the overall % efficiency, that is:

$$\frac{(\text{Hydraulic (useful) power imparted to slurry})}{(\text{Total Electrical power input to motors})} \times 100\%$$

of large centrifugal slurry pump installations competes with PDP's essentially due to:

- a) the high efficiency of large centrifugal slurry pumps, and
- b) the higher efficiencies of the lower-ratio drives between electric motors and the centrifugal pumps. These pump applications which require a high Total Head can be handled by series pumping, either as:
  - i. multi-stage pump units, or
  - ii. separate pumps spaced at intervals along the pipeline route.

### SINGLE PUMP

Figure A7-1 represents a single centrifugal pump operating at duty point "A", and at pump speed,  $n_1$ . For the required flow rate  $Q_1$ , the pump can develop a head  $H_1$  at an efficiency,  $e_{m1}$ , and at a power consumed of  $P_1$ . That is, the Duty Point "A" is  $Q_1/H_1$ .

NOTE: The hydraulic grade line (HGL) indicates the actual static head available at any point along the length of the pipeline.

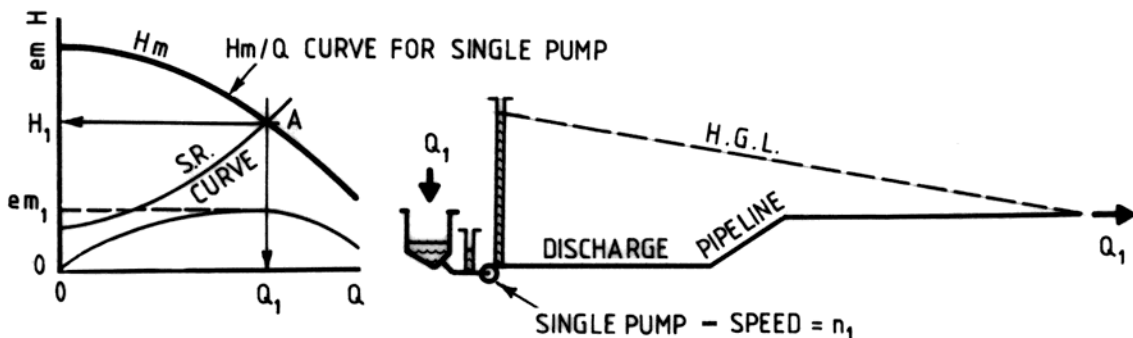


FIGURE A7-1 SINGLE PUMP

## TWO-STAGE PUMP UNIT

Figure A7-2 represents two identical pumps, arranged in series so that the entire flow discharged from the 1<sup>st</sup> Stage pump is piped, under pressure through a short length of piping, directly to the suction flange of the 2<sup>nd</sup> Stage pump and finally from the discharge of the 2<sup>nd</sup> Stage pump into the discharge pipeline. If both pumps are operated at the same speed,  $n_1$  and as both are handling the same required flow rate,  $Q_1$ , each will develop the same Head,  $H_1$ , at the same efficiency,  $e_{m1}$ , and consume the same power,  $P_1$ .

The total head developed by the 2-stage pump unit combination =  $2 \times H_1$ , that is,

Duty Point “B” is  $Q_1/2H_1$

Accordingly, both pumps will be operating under the same conditions, except that the Suction Head and the Discharge Head of the 2<sup>nd</sup> Stage Pump will both be higher by the value of the Discharge Head of the 1<sup>st</sup> Stage Pump (less small losses in the inter-stage piping).

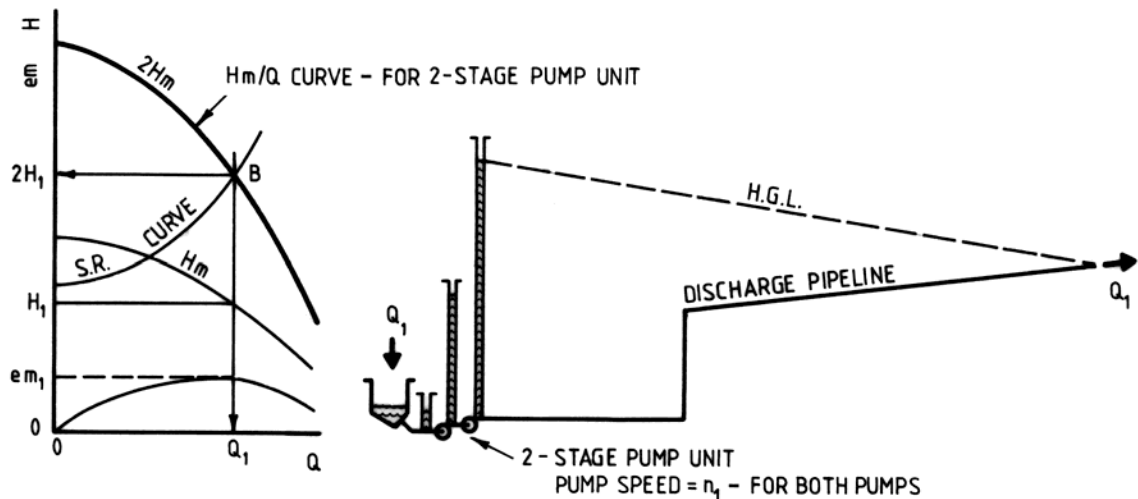


FIGURE A7-2 SINGLE PUMP

## FOUR-STAGE PUMP UNIT

Figure A7-3 represents an arrangement similar to Figure A7-2, but extended to represent a 4-Stage Pump unit where the entire flow passes through all 4 identical pumps prior to entering the discharge pipeline.

If all 4 pumps are identical and are operated at the same speed,  $n_1$ , and as all the pumps are handling the same flow rate,  $Q_1$ , each will develop the same head,  $H_1$ , at the same efficiency,  $e_{m1}$ , and each consume the same power,  $P_1$ .

The total head developed by the 4-Stage Pump unit combined  $H_1 + H_1 + H_1 + H_1 = 4 \times H_1$ , that is, Duty Point “C” is  $Q_1/4H_1$ .

Accordingly, all 4 pumps will be operating under the same conditions except that the Suction Head and the Discharge Head of each successive stage will be progressively

higher. Neglecting the small losses in the inter-stage piping and assuming that  $H_s$  for the 1<sup>st</sup> Stage Pump = X (metres) the individual values are:

Stage	Suction Head for Stage (m)	Total Head Developed by Pump (m)	Power Consumed by Each Pump	Discharge Head for Stage = (m)
1 <sup>st</sup> Stage	X	H1	P1	X + H1
2 <sup>nd</sup> Stage	X + H1	H1	P1	X + 2H1
3 <sup>rd</sup> Stage	X + 2H1	H1	P1	X + 3H1
4 <sup>th</sup> Stage	X + 3H1	H1	P1	X + 4H1

4-Stage Unit: Total Head Developed = 4H1;

Total Power Consumed = 4P1

TABLE 2 CALCULATION OF POWER AND HEAD FOR MULTI-STAGE SETS

If the Total Head Developed by each pump varies from one pump to another, due to different speeds or different effects of wear, the Total Head developed by the Multi-Stage Unit will be the sum of the individual total Heads Developed by each of the pumps.

Similarly, the Total Power Consumed will be the sum of the individual powers consumed by each of the pumps.

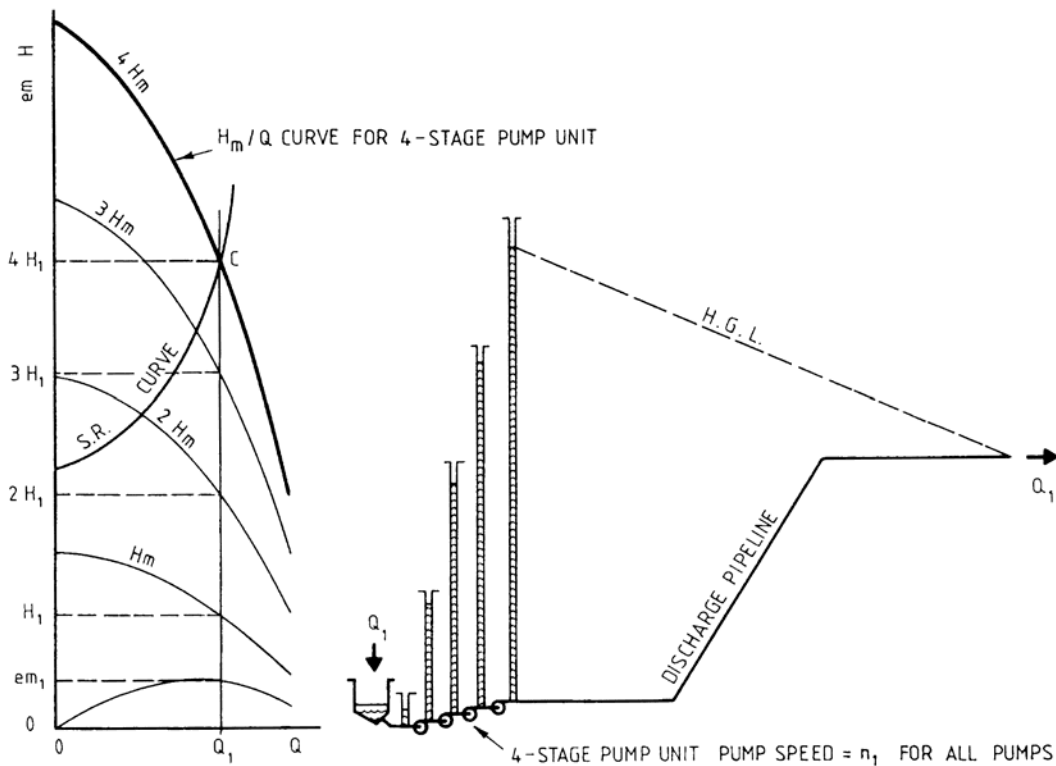


FIGURE A7-3 FOUR-STAGE PUMP UNIT

## NOMENCLATURE

Cv	Concentration of solids in mixture, by volume (percent)	Hvd	Velocity Head, in the pump discharge pipe: Head of mixture (m)
Cw	Concentration of solids in mixture, by weight (percent)	Hve	Exit Velocity Head Loss, at final discharge from pipeline: Head of mixture (m)
D	Inside diameter of pipe (m)	Hvs	Velocity Head, in the pump suction pipe at suction tapping point: Head of mixture (m)
Ds	Inside diameter of suction pipe (m)	Hw	Total Dynamic Head, developed by pump when pumping water: Head of mixture (m)
Dd	Inside diameter of discharge pipe (m)	L	Total Equivalent Length of Pipe = $L_a + L_f$ (m)
d50	Average particle size of solids in a given dry sample. This size is equal to the screen aperture which would retain exactly 50% by weight of the total sample (mm or $\mu\text{m}$ )	$L_a$	Total Actual Length of Pipe (m)
em	Efficiency of pump when pumping mixture (percent)	$L_f$	Aggregate of Equivalent Lengths for all Valves, Bends and Fittings contributing to Friction Head Loss in pipeline (m)
ER	Efficiency Ratio	$L_s$	L for Suction Pipe (m) Note: $L_s = L_{as} + L_{fs}$
ew	Efficiency of pump when pumping water (percent)	$L_{as}$	$L_a$ for Suction Pipe (m)
f	Darcy Friction Factor (dimensionless)	$L_{fs}$	$L_f$ for Suction Pipe (m)
FL	Limiting Settling Velocity Factory (dimensionless)	$L_d$	L for Discharge Pipe (m) Note: $L_d = L_{ad} + L_{fd}$
g	Gravitational constant ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )	$L_{ad}$	$L_a$ for Discharge Pipe (m)
h	Head symbol utilised for sundry purposes	$L_{fd}$	$L_f$ for Discharge Pipe (m)
H	Total dynamic head required by a system: Head of mixture (m)	M	Mass flow rate of dry solids (t/h)
Hatm	Atmospheric Pressure Head at Pump Location: Expressed as head of mixture pumped (m)	n	Pump Rotational Speed (revolutions/minute: r/min or RPM)
Hd	Total Discharge Head: Head of Mixture (m)	NPSHa	Net Positive Suction Head available at Pump Suction Flange: Head of mixture (m)
Hf	Friction Head Loss: Head of mixture (m)	NPSHr	Net Positive Suction Head required at Pump suction Flange: Head of mixture (m)
Hfd	Friction Head Loss in Discharge Pipe: Head of mixture (m)	NR	Reynolds Number (dimensionless)
Hfs	Friction Head Loss in Suction Pipe: Head of mixture (m)	P	Power consumed at pump shaft (kW)
Hgd	Discharge Gauge Head (above atmospheric pressure): Head of mixture (m)	Pr	Pressure (Pa)
Hgs	suction Gauge Head: Head of mixture (m)	Q	Mixture flow rate (usually litres per second: L/s)
Hi	Inlet Head Loss: Head of mixture (m)	S	Specific Gravity of Dry Solids
Hm	Total Dynamic Head Developed by Pump when Pumping Mixture: Head of mixture (m)	SG	Specific Gravity
HR	Head Ratio	Sl	Specific Gravity of Liquid or Transporting Medium
Hpf	Exit Gauge Pressure Head, above atmospheric, at exit from pipeline: Head of mixture (m)	Sm	Specific Gravity of Mixture
Hpr	Gauge Pressure Head, a above atmospheric pressure, of gas or vapour maintained over mixture surface in a closed supply vessel: Head of mixture (m)	V	Average Velocity of Mixture in a pipe (m/s)
Hs	Total Suction Head: (+ve) or (-ve): Head of mixture (m)	Vd	V in Pump Discharge Pipe (m/s)
Hvac	Gauge Vacuum Head, below atmospheric pressure, of gas or vapour maintained over mixture surface in a closed supply vessel: Head of mixture (m)	Ve	V at Exit from pipe (m/s)
Hvap	Absolute Vapour Pressure head of suspending liquid at pumping temperature: Head of mixture (m)	VL	Limiting Settling Velocity of mixture (m/s)
Hv	Velocity Head, at any given point of evaluation: Head of mixture (m)	Vs	V in Pump Suction Pipe (m/s)
		Z	Net Static Head
		Zc	Differential Column Head: Head of mixture (m)
		Zd	Static Discharge Head
		Zl	Vertical height of suction pipe conveying slurry and surrounded by a liquid of Specific Gravity lower than that of the mixture pumped (m)
		Zs	Static Suction Head: Vertical height from mixture supply surface level to pump centre-line (m)
		Zsm	Effective Positive Static Suction Head above (+ve) pump centre-line: Head of mixture (m)

**Ejemplo de cálculo**


Combinación de los casos 1 y 2

Datos:  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $R = 2 \text{ m}$   
 $h = 2 \text{ m}$   
 $r = 25$

Códiq: 300-03 (velocidad succion)  
 300-04 (velocidad escape)

Tiempo tramo de aspiración: 10 min  
 1 m  
 1 m

Tiempo de descarga: 10 min  
 1 m  
 1 m



**Tramo de Aspiración**

Cálculo de  $h_s + h_f + h_p$

h: Cálculo de aspiración a válvulas [ft]  
 h: Cálculo de presión: 20000 a 11.6000 [ft]

Descargas: Velocidad del fluido v  
 Coeficiente de pérdida k

Del diagrama 1 se puede obtener la velocidad del fluido en la tubería de aspiración: 1,7 m/s (35 m/min) Mas de 100 m/min

Las pérdidas de carga en los elementos de la tubería se calculan sumando las coeficientes de pérdida de velocidad de la tubería. Una entrada en línea y un codo dan como resultado:  $k = 1 + 0,3 = 1,3$

**Tramo de descarga**

Cálculo de  $h_d$

Del diagrama 2 se puede obtener la pérdida de carga (según 1) de los tubos y accesorios: 411 m.c.a.

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

**Tramo de descarga**

Cálculo de  $h_d$

Del diagrama 2 se puede obtener la pérdida de carga (según 1) de los tubos y accesorios: 411 m.c.a.

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

La pérdida de carga en la tubería de escape es de 1,7 m (35 m/min) Mas de 100 m/min

**NPSH**

La diferencia entre la presión medida en la tubería de aspiración y la presión de vapor del líquido de bombeo (NPSH<sub>disponible</sub>) (ver Problema Solución 1000) depende de la instalación, y se mide en [ft]

$NPSH_{disponible} = \frac{10,2}{\rho} (\rho - \rho_v) z + h_s$

$NPSH_{disponible} = \frac{10,2}{\rho} (\rho - \rho_v) z + h_s$

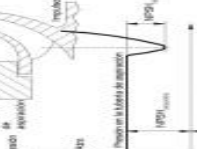
Las pérdidas de tubería se deben adicionar al NPSH<sub>disponible</sub>. Considere en una tubería de aspiración total de la línea que se le entrega al motor. Véase la figura de la derecha. El NPSH<sub>disponible</sub> debe ser siempre mayor que el NPSH<sub>requerido</sub>.

$NPSH_{disponible} = NPSH_{requerido}$

h: presión absoluta en la tubería [ft]  
 z: presión de vapor (absoluta) [ft]  
 h<sub>s</sub>: altura de aspiración efectiva [ft]  
 ρ: densidad [lb/ft<sup>3</sup>]  
 ρ<sub>v</sub>: densidad [lb/ft<sup>3</sup>]


**Fundamentación de la pérdida**

2 bombas en serie suministran el fluido por un mismo tubo.



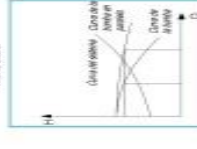
**Fundamentación de la pérdida**

2 bombas en serie suministran el fluido por un mismo tubo.



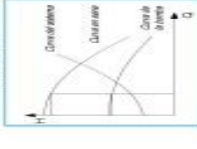
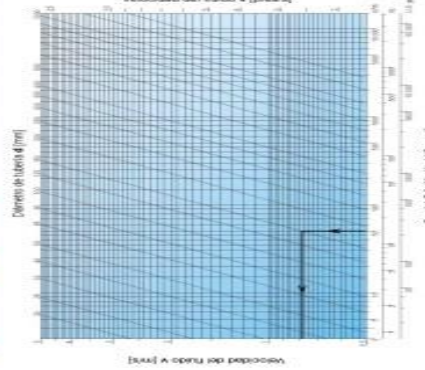
**Fundamentación de la pérdida**

2 bombas en serie suministran el fluido por un mismo tubo.



**Fundamentación de la pérdida**

2 bombas en serie suministran el fluido por un mismo tubo.

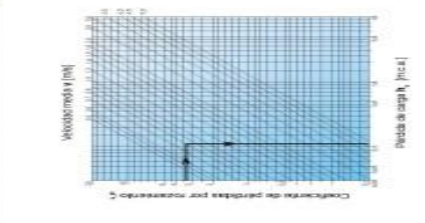



**Diagrama 1:** Muestra la velocidad del fluido en función del caudal y del diámetro de tubería.

$v = 85,877 \frac{Q}{d^2}$  [ft/s] donde Q (m³/h) y d (ft)

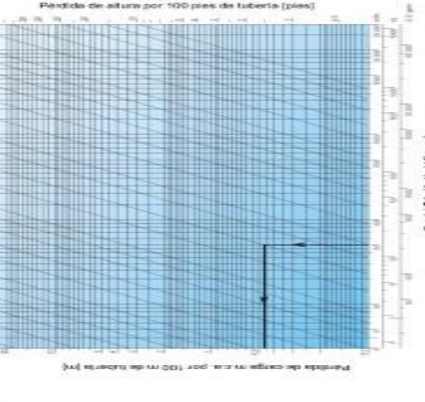
**Tabla 1:** Coeficientes de pérdida por rozamiento. Véase en las páginas para calcular los valores numéricos.

Material	Coeficiente de pérdida
Acero	0,015
Aluminio	0,015
Latón	0,015
Cobre	0,015
Plomo	0,015
Plástico	0,015
Concreto	0,015
Asfalto	0,015
Grava	0,015
Carbón	0,015
Alfalfa	0,015
Algodón	0,015
Alfalfa	0,015
Algodón	0,015
Alfalfa	0,015
Algodón	0,015



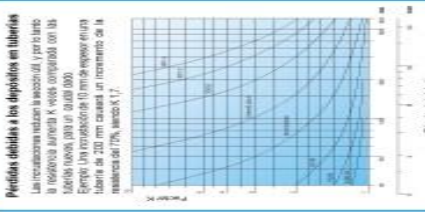
**Diagrama 2:** Pérdida de carga en tuberías. Diagrama válido para caudal (tubo) y tubo (línea).

$h_f = 1,49 \frac{L Q^{1,75}}{C^{1,49} d^{4,75}}$  [ft.c.a.]



**Diagrama 3:** Pérdida de altura por 100 pies de tubería (pies).

Diámetro de tubería (ft)



**Diagrama 4:** Pérdidas debidas a las depósitos en tuberías.

Diámetro de tubería (ft)



Para el cálculo de las pérdidas de carga se debe considerar siempre la velocidad del fluido y

considerar siempre la combinación de pérdidas de carga

siempre la pérdida de carga

siempre la pérdida de carga

siempre la pérdida de carga

siempre la pérdida de carga

siempre la pérdida de carga

### Viscosidad

**La Viscosidad cinemática y su símbolo es (Stokes)**

Se calcula a partir de la viscosidad dinámica (dividiendo la densidad por la viscosidad cinemática)

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Otro unidades comunes son:

$$1 \text{ Stok} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

En la mayoría de las ocasiones por defecto la viscosidad viene dada en mm<sup>2</sup>/s

**La Viscosidad dinámica η** se mide en (kg/m<sup>2</sup>s) en el Sistema SI

Otro unidades comunes son:

$$1 \text{ Poise} = 1 \text{ P} = 0.1 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$1 \text{ centipoise} = 1 \text{ cP} = 0.01 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

**Influencia de la viscosidad en la curva característica de la bomba.**



Una viscosidad elevada superior a 20 cSt influye a las curvas como se muestra en la siguiente.

- La caída de la curva cae (menor caudal y mayor CV (potencia))
- Cambia la curva de potencia en sentido ascendente
- El rendimiento de la curva disminuye notablemente

### Factores de conversión

Bar	mmHg	Pa	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	mmca	mca	mmHg	bar
1 bar	750.061	10 <sup>5</sup>	0.1	1.01972	10.1972	750.061	143.289	1.01325
1 mmHg	1	133.322	0.00133322	0.0136	1.36	1	0.00133322	0.0136
1 Pa	0.00750061	1	0.000001	0.0101972	0.0101972	0.00750061	0.0101972	1
1 MPa	7500.61	1000000	1	10197.2	101.972	7500.61	10197.2	101.972
1 kg/cm <sup>2</sup>	735.559	98066.5	0.0980665	1	10.0003	735.559	10000.3	9.80665
1 mca	0.0101972	101325	0.00101325	0.0101972	1	0.0101972	101325	1.01325
1 mca	0.0101972	98066.5	0.000980665	0.0101972	1	0.0101972	98066.5	0.980665

$$1 \text{ mmHg} = 1.36 \text{ mmca} = 1.36 \text{ mca}$$

### Caudal

m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /a	litros/h	litros/año	gal US/h	gal US/año	bar
1 m <sup>3</sup> /h	24	8760	1000	8760000	264.172	2438900	1
1 m <sup>3</sup> /d	1	365	144	52560	37.8541	34632	0.0416667
1 m <sup>3</sup> /a	365	1	8760	3153600	1056.68	975840	0.00273808
1 litro/h	24	8760	1	8760	0.264172	2438.9	0.001
1 litro/año	365	1	8760	1	1056.68	97584	0.00000273808

### Potencia

W (J/s)	CV	CV	CV	CV
1 W (J/s)	0.00135962	0.00135962	0.00135962	0.00135962
1 CV	735.499	735.499	735.499	735.499
1 CV	735.499	1	1	1
1 CV	735.499	735.499	1	1

La unidad de potencia en el SI es el W (J/s). La potencia requerida en un sistema depende de la velocidad de flujo y del tipo de fluido.

$$P = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g$$

Donde: P es la potencia (W), Q es el caudal (m<sup>3</sup>/s), H es la altura (m), ρ es la densidad (kg/m<sup>3</sup>), g es la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

### Presión de vapor y densidad a diferentes temperaturas

T (°C)	P (kPa)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	T (°C)	P (kPa)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )
0	0.424	999.842	15	1.705	989.065
5	0.872	989.065	20	2.339	979.015
10	1.227	979.015	25	3.169	968.845
15	1.705	968.845	30	4.246	958.530
20	2.339	958.530	35	5.628	948.060
25	3.169	948.060	40	7.381	937.520
30	4.246	937.520	45	10.051	926.900
35	5.628	926.900	50	13.177	916.200
40	7.381	916.200	55	16.847	905.520
45	10.051	905.520	60	21.155	894.860
50	13.177	894.860	65	26.153	884.220
60	16.847	884.220	70	31.999	873.600
65	21.155	873.600	75	38.146	863.000
70	26.153	863.000	80	44.747	852.420
75	31.999	852.420	85	51.856	841.860
80	38.146	841.860	90	59.437	831.320
85	44.747	831.320	95	69.521	810.780
90	51.856	810.780	100	81.059	790.240

### Rendimiento

El rendimiento de una bomba puede calcularse con la fórmula:

$$\eta = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{P \cdot X}$$

Donde: η es el rendimiento, Q es el caudal (m<sup>3</sup>/s), H es la altura (m), ρ es la densidad (kg/m<sup>3</sup>), g es la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>), P es la potencia (W), X es el coeficiente de corrección.

Temperatura (°C)	Factor de corrección (X)
0-10	1.00
10-20	1.02
20-30	1.05
30-40	1.10
40-50	1.15
50-60	1.20
60-70	1.25
70-80	1.30
80-90	1.35
90-100	1.40

# ABS

COST-EFFECTIVE PUMPING

### Cómo utilizar la guía

Único uno de los tres casos siguientes (o una combinación de ellos) y siga el ejemplo de cálculo de la siguiente página.

# Guía para el Cálculo de Pérdidas de Carga

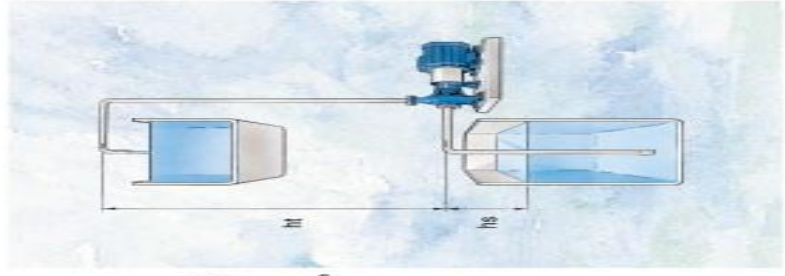
Guía y tablas para el cálculo de las pérdidas por rozamiento en tuberías, para líquidos newtonianos.

- Cálculo de la altura total**
- 1. Altura geométrica total
  - 2. Altura de succión
  - 3. Altura de descarga
  - 4. Pérdida por fricción en la succión
  - 5. Pérdida por fricción en la descarga
  - 6. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 7. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 8. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 9. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 10. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 11. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 12. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 13. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 14. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 15. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 16. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 17. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 18. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 19. Pérdida por pérdidas en el accesorio
  - 20. Pérdida por pérdidas en el accesorio

**Caso 1:** Seleccionar todo el líquido desde el nivel del líquido en el tanque de succión hasta el nivel del líquido en el tanque de descarga. Es el tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total. El tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total es el tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total.

**Caso 2:** Líquido en reposo en el tanque de succión y en el tanque de descarga. El tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total es el tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total.

**Caso 3:** El tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total es el tipo de relación de altura que se debe usar para el cálculo de la altura total.



- Pérdidas por rozamiento en tuberías
- MPG
- Viscosidad
- Densidad
- Posicionamiento en paralelo y en serie
- Control de frecuencia
- Ley de similitud
- Factores de corrección

Pase la página

ABS es una marca registrada de la General Electric Company. El uso de esta marca no implica la aprobación de la General Electric Company para el uso de esta marca en otros productos.



# VULCO SA

TYPICAL PUMP  
PERFORMANCE CURVES

WARMAN PUMP						IMPELLER: G8147, FAM8147				
SIZE	FRAME		TYPE			VANES	TYPE	IMPELLER MAT'L	VANE ø	LINER MAT'L
<b>10/8</b>	F	FF(X)	<b>AH</b>			5	Closed	Metal	686	Metal/Polymer
	G	GG								
	ST(X)	T								
<b>GLAND SEALED PUMP</b>										
Frame	F	FF(X)	G	GG	ST(X)	T	Normal Max.	Metal	1000	
Rating [kW]	260	425	600	900	560	1200	[r/min]	Polymer	715	

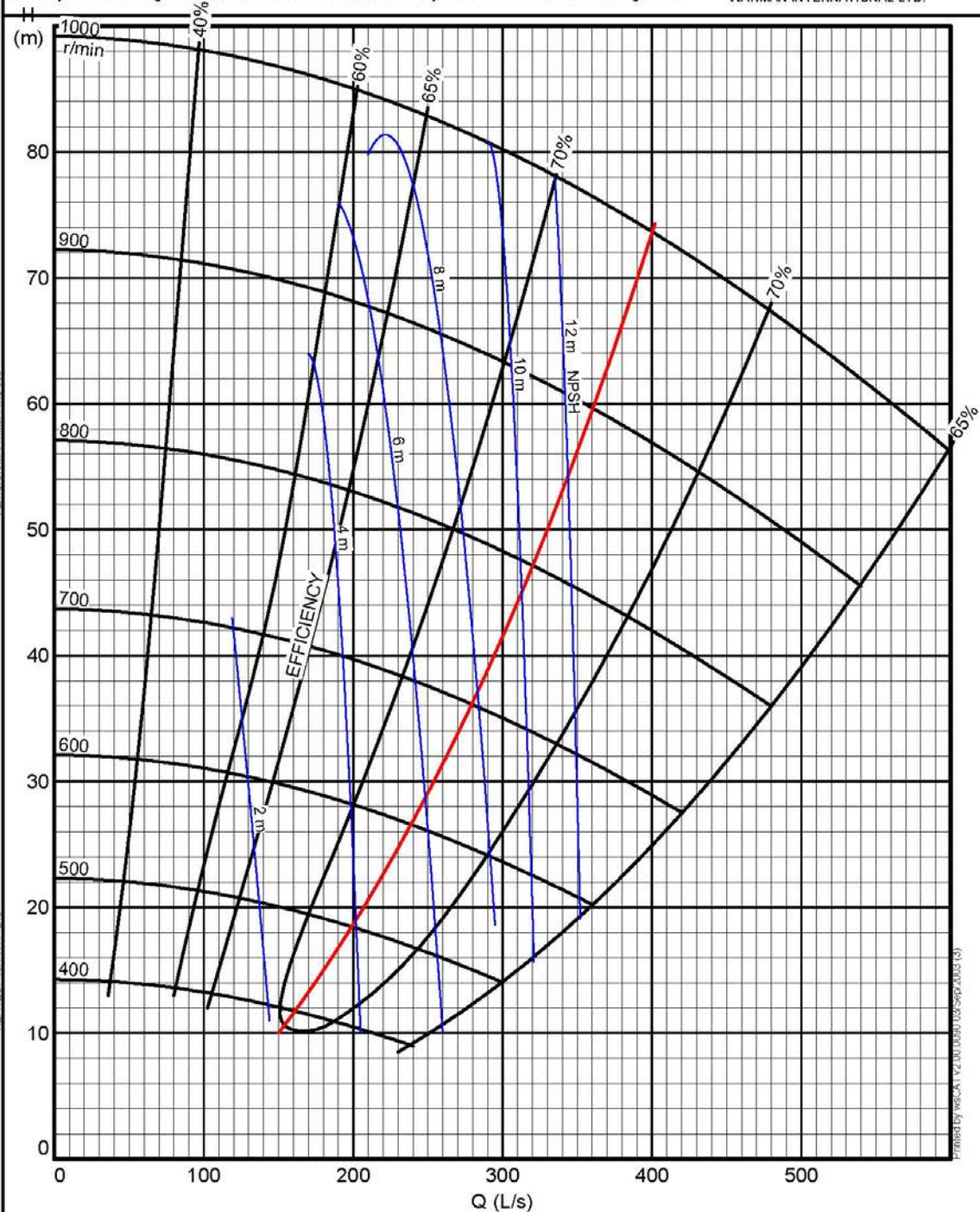
**WPA  
108A01A**

**ISSUED  
FEB 1988**

MIN. PASSAGE SIZE  
76  
mm SPHERE

CURVE SHOWS APPROXIMATE PERFORMANCE FOR CLEAR WATER (to International Test Standard ISO2548 Class C). For media other than water, corrections must be made for density, viscosity and/or other effects of solids. WARMAN INTERNATIONAL LTD. reserve the right to change pump performance and/or delete impellers without notice. Frame suitability must be checked for each duty and drive arrangement. Not all frame alternatives are necessarily available from each manufacturing centre.

© 1998-2003  
WARMAN INTERNATIONAL LTD.



REF TEST 10A 44P-2/0  
 BSY 6000M BSY 6011/7  
 LAST ISSUE JUNE 1985  
 REVISION MAX r/min WAS 690

Printed by WPS-CA 142000080 US-SP-0004 (3)

Sumitomo Drive Technologies  
*Always on the Move*

**Cyclo® 6000**  
Reductores de velocidad



C014003 04.08.13 (00X)\*

**Cyclo® 6000**

Diseño superior, poderoso desempeño



► El tipo KES también como reductor en línea  
 Para más información consulte los ventanillos de datos  
 ubicada al lado de la salida.

[www.sumitomodrive.com](http://www.sumitomodrive.com)

**Reductores de velocidad**

► En esta guía podrá encontrar un listado general de series y especificaciones técnicas. Estos datos son un resumen de los datos que encontrará en los ficheros de productos y en las hojas de especificación técnica.

**Índice**

**1. Información general**

2. Cómo seleccionar un reductor de velocidad

3. Tablas de selección

4. Características

**5. Información técnica**

- 1.1. Clasificación
- 1.2. Definiciones de rangos de velocidad
- 1.3. Límites de torque y potencia de salida
- 1.4. Configuración de tornillos (dormitorio/dormitorio)
- 2.1. Descripción
- 2.2. Datos de selección
- 3.1. Descripción
- 3.2. Información técnica
- 3.3. Lubricación
- 3.4. Protección ambiental
- 3.5. Ruido y características sónicas

3000	4000	6000
3015	4015	6015
306	406	606
3020	4020	6020
3030	4030	6030
3040	4040	6040
3050	4050	6050
3060	4060	6060
3070	4070	6070
3080	4080	6080
3090	4090	6090
3100	4100	6100
3110	4110	6110
3120	4120	6120
3130	4130	6130
3140	4140	6140
3150	4150	6150
3160	4160	6160
3170	4170	6170
3180	4180	6180
3190	4190	6190
3200	4200	6200
3210	4210	6210
3220	4220	6220
3230	4230	6230
3240	4240	6240
3250	4250	6250
3260	4260	6260
3270	4270	6270
3280	4280	6280
3290	4290	6290
3300	4300	6300
3310	4310	6310
3320	4320	6320
3330	4330	6330
3340	4340	6340
3350	4350	6350
3360	4360	6360
3370	4370	6370
3380	4380	6380
3390	4390	6390
3400	4400	6400
3410	4410	6410
3420	4420	6420
3430	4430	6430
3440	4440	6440
3450	4450	6450
3460	4460	6460
3470	4470	6470
3480	4480	6480
3490	4490	6490
3500	4500	6500
3510	4510	6510
3520	4520	6520
3530	4530	6530
3540	4540	6540
3550	4550	6550
3560	4560	6560
3570	4570	6570
3580	4580	6580
3590	4590	6590
3600	4600	6600
3610	4610	6610
3620	4620	6620
3630	4630	6630
3640	4640	6640
3650	4650	6650
3660	4660	6660
3670	4670	6670
3680	4680	6680
3690	4690	6690
3700	4700	6700
3710	4710	6710
3720	4720	6720
3730	4730	6730
3740	4740	6740
3750	4750	6750
3760	4760	6760
3770	4770	6770
3780	4780	6780
3790	4790	6790
3800	4800	6800
3810	4810	6810
3820	4820	6820
3830	4830	6830
3840	4840	6840
3850	4850	6850
3860	4860	6860
3870	4870	6870
3880	4880	6880
3890	4890	6890
3900	4900	6900
3910	4910	6910
3920	4920	6920
3930	4930	6930
3940	4940	6940
3950	4950	6950
3960	4960	6960
3970	4970	6970
3980	4980	6980
3990	4990	6990
4000	5000	7000
4010	5010	7010
4020	5020	7020
4030	5030	7030
4040	5040	7040
4050	5050	7050
4060	5060	7060
4070	5070	7070
4080	5080	7080
4090	5090	7090
4100	5100	7100
4110	5110	7110
4120	5120	7120
4130	5130	7130
4140	5140	7140
4150	5150	7150
4160	5160	7160
4170	5170	7170
4180	5180	7180
4190	5190	7190
4200	5200	7200
4210	5210	7210
4220	5220	7220
4230	5230	7230
4240	5240	7240
4250	5250	7250
4260	5260	7260
4270	5270	7270
4280	5280	7280
4290	5290	7290
4300	5300	7300
4310	5310	7310
4320	5320	7320
4330	5330	7330
4340	5340	7340
4350	5350	7350
4360	5360	7360
4370	5370	7370
4380	5380	7380
4390	5390	7390
4400	5400	7400
4410	5410	7410
4420	5420	7420
4430	5430	7430
4440	5440	7440
4450	5450	7450
4460	5460	7460
4470	5470	7470
4480	5480	7480
4490	5490	7490
4500	5500	7500
4510	5510	7510
4520	5520	7520
4530	5530	7530
4540	5540	7540
4550	5550	7550
4560	5560	7560
4570	5570	7570
4580	5580	7580
4590	5590	7590
4600	5600	7600
4610	5610	7610
4620	5620	7620
4630	5630	7630
4640	5640	7640
4650	5650	7650
4660	5660	7660
4670	5670	7670
4680	5680	7680
4690	5690	7690
4700	5700	7700
4710	5710	7710
4720	5720	7720
4730	5730	7730
4740	5740	7740
4750	5750	7750
4760	5760	7760
4770	5770	7770
4780	5780	7780
4790	5790	7790
4800	5800	7800
4810	5810	7810
4820	5820	7820
4830	5830	7830
4840	5840	7840
4850	5850	7850
4860	5860	7860
4870	5870	7870
4880	5880	7880
4890	5890	7890
4900	5900	7900
4910	5910	7910
4920	5920	7920
4930	5930	7930
4940	5940	7940
4950	5950	7950
4960	5960	7960
4970	5970	7970
4980	5980	7980
4990	5990	7990
5000	6000	8000
5010	6010	8010
5020	6020	8020
5030	6030	8030
5040	6040	8040
5050	6050	8050
5060	6060	8060
5070	6070	8070
5080	6080	8080
5090	6090	8090
5100	6100	8100
5110	6110	8110
5120	6120	8120
5130	6130	8130
5140	6140	8140
5150	6150	8150
5160	6160	8160
5170	6170	8170
5180	6180	8180
5190	6190	8190
5200	6200	8200
5210	6210	8210
5220	6220	8220
5230	6230	8230
5240	6240	8240
5250	6250	8250
5260	6260	8260
5270	6270	8270
5280	6280	8280
5290	6290	8290
5300	6300	8300
5310	6310	8310
5320	6320	8320
5330	6330	8330
5340	6340	8340
5350	6350	8350
5360	6360	8360
5370	6370	8370
5380	6380	8380
5390	6390	8390
5400	6400	8400
5410	6410	8410
5420	6420	8420
5430	6430	8430
5440	6440	8440
5450	6450	8450
5460	6460	8460
5470	6470	8470
5480	6480	8480
5490	6490	8490
5500	6500	8500
5510	6510	8510
5520	6520	8520
5530	6530	8530
5540	6540	8540
5550	6550	8550
5560	6560	8560
5570	6570	8570
5580	6580	8580
5590	6590	8590
5600	6600	8600
5610	6610	8610
5620	6620	8620
5630	6630	8630
5640	6640	8640
5650	6650	8650
5660	6660	8660
5670	6670	8670
5680	6680	8680
5690	6690	8690
5700	6700	8700
5710	6710	8710
5720	6720	8720
5730	6730	8730
5740	6740	8740
5750	6750	8750
5760	6760	8760
5770	6770	8770
5780	6780	8780
5790	6790	8790
5800	6800	8800
5810	6810	8810
5820	6820	8820
5830	6830	8830
5840	6840	8840
5850	6850	8850
5860	6860	8860
5870	6870	8870
5880	6880	8880
5890	6890	8890
5900	6900	8900
5910	6910	8910
5920	6920	8920
5930	6930	8930
5940	6940	8940
5950	6950	8950
5960	6960	8960
5970	6970	8970
5980	6980	8980
5990	6990	8990
6000	7000	9000
6010	7010	9010
6020	7020	9020
6030	7030	9030
6040	7040	9040
6050	7050	9050
6060	7060	9060
6070	7070	9070
6080	7080	9080
6090	7090	9090
6100	7100	9100
6110	7110	9110
6120	7120	9120
6130	7130	9130
6140	7140	9140
6150	7150	9150
6160	7160	9160
6170	7170	9170
6180	7180	9180
6190	7190	9190
6200	7200	9200
6210	7210	9210
6220	7220	9220
6230	7230	9230
6240	7240	9240
6250	7250	9250
6260	7260	9260
6270	7270	9270
6280	7280	9280
6290	7290	9290
6300	7300	9300
6310	7310	9310
6320	7320	9320
6330	7330	9330
6340	7340	9340
6350	7350	9350
6360	7360	9360
6370	7370	9370
6380	7380	9380
6390	7390	9390
6400	7400	9400
6410	7410	9410
6420	7420	9420
6430	7430	9430
6440	7440	9440
6450	7450	9450
6460	7460	9460
6470	7470	9470
6480	7480	9480
6490	7490	9490
6500	7500	9500
6510	7510	9510
6520	7520	9520
6530	7530	9530
6540	7540	9540
6550	7550	9550
6560	7560	9560
6570	7570	9570
6580	7580	9580
6590	7590	9590
6600	7600	9600
6610	7610	9610
6620	7620	9620
6630	7630	9630
6640	7640	9640

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**

### Preguntas frecuentes

**¿Cómo seleccionar un reductor de velocidad o motorreductor Quip®?**  
 La selección debe tener en cuenta el modo de potencia a la que se va a utilizar el reductor de velocidad Quip® (motorreductor, par motor) y el modo de potencia de salida de motor. Es un requisito imprescindible la correcta selección de modo de potencia, debido al riesgo de sobrecalentamiento de la carcasa del motor y de sobrecalentamiento de los componentes de salida de una configuración inadecuada de modo de potencia para su aplicación.

**¿Qué información necesito proporcionar en el proceso de selección?**  
 Para obtener un reductor preparado para su aplicación, necesitamos saber:

- Aplicación (tipo de carga y tipo de trabajo)
- Modo de potencia
- Potencia del motor (HP) y velocidad (rpm)
- Modo de montaje

Si existen limitaciones o requisitos especiales, deben tenerse en cuenta durante el proceso de selección para determinar el factor de servicio a utilizar.

**¿Qué son los Factores de Servicio y cómo se utilizan?**  
 En general, los reductores se especifican sobre la base de la potencia y modo de potencia requeridos en las condiciones de trabajo de los equipos. Sin embargo, el modo de potencia de salida de un reductor de velocidad Quip® puede variar en función de la configuración de carga y del modo de potencia de salida de motor. El factor de servicio (FS) indica el nivel de potencia de salida de motor que se requiere para seleccionar el modo de potencia de salida de motor. El modo de potencia de salida de motor se indica en el modo de potencia de salida de motor.

**¿Qué hace a las condiciones operativas de un reductor tan particularmente especiales?**  
 Las condiciones operativas de un reductor de velocidad Quip® difieren de las condiciones operativas de un motor de velocidad constante debido a la naturaleza de la carga y al modo de potencia de salida de motor. El modo de potencia de salida de motor de un reductor de velocidad Quip® puede variar en función de la configuración de carga y del modo de potencia de salida de motor. El modo de potencia de salida de motor se indica en el modo de potencia de salida de motor.

**¿Qué tipo de motor se utiliza en un reductor de velocidad Quip®?**  
 Los reductores de velocidad Quip® tienen un motor de velocidad constante que puede ser un motor de velocidad constante de inducción o un motor de velocidad constante de inducción con control de velocidad. El modo de potencia de salida de motor se indica en el modo de potencia de salida de motor.

**¿Cuáles son las velocidades estándar de salida?**  
 En términos generales, las velocidades estándar de salida de un reductor de velocidad Quip® son de 1725, 1425, 1125, 825, 525 y 225 rpm. Consulte las especificaciones de los reductores de velocidad Quip® para obtener más información.

**¿Qué limitaciones de capacidad tienen los reductores Quip®?**  
 El modo de potencia de salida de motor de un reductor de velocidad Quip® puede variar en función de la configuración de carga y del modo de potencia de salida de motor. El modo de potencia de salida de motor se indica en el modo de potencia de salida de motor.






**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**

### Especificaciones estándar

<b>Reductor</b>	<b>Reducción</b>	Reducción de hasta 100:1 (dependiendo del modelo y tamaño)
<b>Limitaciones</b>		Verificar el modo de potencia de salida de motor y el modo de potencia de salida de motor.
<b>Modos</b>		Modo de potencia de salida de motor y modo de potencia de salida de motor.
<b>Modos de potencia</b>		Modo de potencia de salida de motor y modo de potencia de salida de motor.
<b>Modos de potencia</b>		Modo de potencia de salida de motor y modo de potencia de salida de motor.

**Condiciones ambientales**

<b>Temperatura ambiente</b>	0 a 40 °C (32 a 104 °F)
<b>Temperatura de montaje</b>	Verificar con el fabricante
<b>Altitud</b>	Hasta 2000 m (6561 ft)
<b>Atmósfera</b>	Atmósfera estándar, libre de contaminantes que puedan dañar el equipo

**Rotación de salida**  
 En los reductores de velocidad Quip® la rotación de salida de motor es de 1 a 115 y se da en la velocidad que se indica en el modo de potencia de salida de motor.




**Velocidades de entrada**  
 En términos generales, las velocidades estándar de entrada de un reductor de velocidad Quip® son de 1725, 1425, 1125, 825, 525 y 225 rpm. Consulte las especificaciones de los reductores de velocidad Quip® para obtener más información.

**Compatibilidad**  
 El factor de servicio (FS) y el modo de potencia de salida de motor de un reductor de velocidad Quip® deben ser compatibles con las limitaciones de capacidad de salida de motor de un motor de velocidad constante. Consulte las especificaciones de los reductores de velocidad Quip® para obtener más información.

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**

# 2

## Cómo seleccionar

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**

### Cómo seleccionar un reductor de velocidad

- Paso 1: Recopile datos acerca de su aplicación**
  - Aplicación (tipo de carga y tipo de trabajo)
  - Modo de potencia
  - Potencia del motor (HP) y velocidad de entrada (rpm)
  - Modo de montaje
  - Modo de potencia de salida de motor
  - Modo de potencia de salida de motor
- Paso 2: Seleccione un tamaño de carcasa**
  - 2A. Seleccione el Factor de Servicio (FS) y el modo de potencia de salida de motor.
  - 2B. Seleccione el Factor de Servicio (FS) y el modo de potencia de salida de motor.
  - 2C. Seleccione el Factor de Servicio (FS) y el modo de potencia de salida de motor.
  - 2D. Seleccione un Tamaño de Carcasa en las Tablas de Selección de Capacidad de Salida de Motor de la página 2.2.
- Paso 3: Seleccione un modo de potencia de salida de motor y una posición de montaje**
- Paso 4: Verifique las dimensiones**
- Paso 5: Elija las opciones**
  - Opciones de salida de motor
  - Opciones de salida de motor
  - Opciones de salida de motor
  - Opciones de salida de motor
- Paso 6: Configure un número de modelo**

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**

### Factores de Servicio

Modo de potencia	Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor
Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor	Modo de potencia de salida de motor

**Selección de potencia de salida de motor (HP)**

**Selección de un tamaño de carcasa**

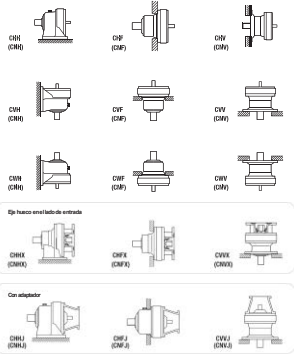
1. Compare su valor de **FS** con el valor de **FS** en la tabla de selección de capacidad de salida de motor.
2. Seleccione el tamaño de carcasa que corresponde a su valor de **FS**.
3. Seleccione el modo de potencia de salida de motor que corresponde a su modo de potencia de salida de motor.

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**

### Clasificaciones de carga según

TIPO DE APLICACIÓN	TIPO DE CARGA	TIPO DE APLICACIÓN	TIPO DE CARGA	TIPO DE APLICACIÓN	TIPO DE CARGA
Aplicación 1	Carga 1	Aplicación 2	Carga 2	Aplicación 3	Carga 3
Aplicación 4	Carga 4	Aplicación 5	Carga 5	Aplicación 6	Carga 6
Aplicación 7	Carga 7	Aplicación 8	Carga 8	Aplicación 9	Carga 9
Aplicación 10	Carga 10	Aplicación 11	Carga 11	Aplicación 12	Carga 12

Estilos de carcasas y posiciones de montaje



Nomenclature

Ejemplo

CHH - 6165Y - 29
C - Cyclo 6000
H - salida horizontal
Y - eje especificado en pulgadas
29 - relación

3

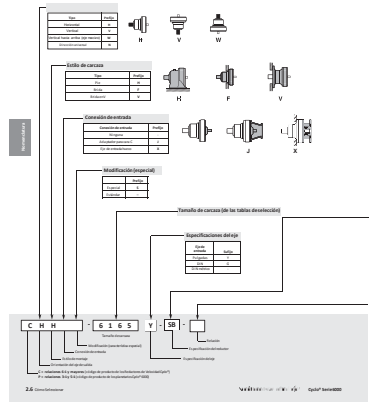
Tablas de selección

Simple reducción



Doble reducción vea la página 3.23

Configure un número de modelo



Relaciones de reducción

Table showing standard reduction ratios for CYCLOP 6000 speed reducers, including input and output speeds and torque values.

Relaciones de reducción opcionales

Table showing optional reduction ratios for CYCLOP 6000 speed reducers, including input and output speeds and torque values.

Tablas de selección de tamaño de carcasa 1750 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21
Estilos de carcasa M, F y V

Large table showing housing size selection for CYCLOP 6000 speed reducers at 1750 RPM, covering various gear ratios and torque requirements.

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

1750 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Simple reducción, relaciones de 25 a 119  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 15 columns: Velocidad entrada, Velocidad salida, and various gear ratios (3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100). Includes sub-tables for Housing Styles H, F, and V.

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

1750 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Simple reducción, relaciones de 25 a 119  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 15 columns: Velocidad entrada, Velocidad salida, and various gear ratios (3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100). Includes sub-tables for Housing Styles H, F, and V.

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

1165 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Simple reducción, relaciones de 25 a 119  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 15 columns: Velocidad entrada, Velocidad salida, and various gear ratios (3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100). Includes sub-tables for Housing Styles H, F, and V.

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

Tablas de selección de tamaño de carcasa 1750 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 15 columns: Velocidad entrada, Velocidad salida, and various gear ratios (3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100). Includes sub-tables for Housing Styles H, F, and V.

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

Tablas de selección de tamaño de carcasa 1165 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 15 columns: Velocidad entrada, Velocidad salida, and various gear ratios (3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100). Includes sub-tables for Housing Styles H, F, and V.

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

Tablas de selección de tamaño de carcasa 1165 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 15 columns: Velocidad entrada, Velocidad salida, and various gear ratios (3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100). Includes sub-tables for Housing Styles H, F, and V.

Reductores de velocidad CYCLOP 6000

1165 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Simple reducción, relaciones de 25 a 119  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 10 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor. Rows represent different motor and gear configurations.

VELITTE CYCLOP 6000

Tabla de selección de tamaño de carcasa CYCLOP 6000

Reductores de velocidad CYCLOP 6000

870 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Simple reducción, relaciones de 25 a 119  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 10 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor. Rows represent different motor and gear configurations.

VELITTE CYCLOP 6000

Tabla de selección de tamaño de carcasa CYCLOP 6000

Reductores de velocidad CYCLOP 6000

870 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Simple reducción, relaciones de 25 a 119  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 10 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor. Rows represent different motor and gear configurations.

VELITTE CYCLOP 6000

Tabla de selección de tamaño de carcasa CYCLOP 6000

Reductores de velocidad CYCLOP 8000

Tablas de selección de tamaño de carcasa 870 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 10 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor. Rows represent different motor and gear configurations.

VELITTE CYCLOP 8000

Tabla de selección de tamaño de carcasa CYCLOP 8000

Reductores de velocidad CYCLOP 8000

Tablas de selección de tamaño de carcasa 870 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 10 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor. Rows represent different motor and gear configurations.

VELITTE CYCLOP 8000

Tabla de selección de tamaño de carcasa CYCLOP 8000

Reductores de velocidad CYCLOP 8000

Tablas de selección de tamaño de carcasa 800 RPM

Simple reducción, relaciones de 3 a 21  
Estilos de carcasa H, F y V

Table with 10 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor, Tipo de reducción, Tipo de carcasa, Motor. Rows represent different motor and gear configurations.

VELITTE CYCLOP 8000

Tabla de selección de tamaño de carcasa CYCLOP 8000



50 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Table with 11 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, and 10 output speed columns (1500, 1200, 900, 750, 600, 450, 300, 225, 150, 112.5). Includes sub-tables for 'Simple reducción, relaciones de 25 a 119' and 'Estilos de carcasa H, F y V'.

Figura 100

Figura 100

Tablas de selección

Doble reducción



Simple reducción - vea la página 3.2



Tablas de selección de tamaño de carcasa 1750 RPM

Doble reducción, relaciones de 104 a 731

Estilos de carcasa H, F y V

Table with 11 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, and 10 output speed columns (1500, 1200, 900, 750, 600, 450, 300, 225, 150, 112.5). Includes sub-tables for 'Doble reducción, relaciones de 104 a 731' and 'Estilos de carcasa H, F y V'.

1750 RPM Tablas de selección de tamaño de carcasa

Doble reducción, relaciones de B41 a 7569

Estilos de carcasa H, F y V

Table with 11 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, and 10 output speed columns (1500, 1200, 900, 750, 600, 450, 300, 225, 150, 112.5). Includes sub-tables for 'Doble reducción, relaciones de B41 a 7569' and 'Estilos de carcasa H, F y V'.

Tablas de selección de tamaño de carcasa 1750 RPM

Doble reducción, relaciones de 104 a 731

Estilos de carcasa H, F y V

Table with 11 columns: Tipo de reducción, Tipo de carcasa, and 10 output speed columns (1500, 1200, 900, 750, 600, 450, 300, 225, 150, 112.5). Includes sub-tables for 'Doble reducción, relaciones de 104 a 731' and 'Estilos de carcasa H, F y V'.





# 4 Dimensiones

Verde... 4.2... 4.3...

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

### Dimensiones Montaje con pie

Simple reducción  
CNI-6130/5Y • 6275Y

Modelo	A	B	C	D	E	F	F1	H	J	K	P	W
6275Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6130Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

### Dimensiones Montaje con pie, cara C

Simple reducción  
CNI-6100/5Y • 612HY

Modelo	A	B	C	D	E	F	F1	H	J	K	P	W
612HY	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6100Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

4.4...

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

### Dimensiones Montaje con pie

Simple reducción  
CNI-6060/5Y • 612HY

Modelo	A	B	C	D	E	F	F1	H	J	K	P	W
612HY	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6060Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

4.2...

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

### Dimensiones Montaje con pie, cara C

Simple reducción  
CNI-6060/5Y • 6050/5Y

Modelo	A	B	C	D	E	F	F1	H	J	K	P	W
6050/5Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6060Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

4.4...

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000

### Dimensiones Montaje con pie, cara C

Simple reducción  
CNI-6130/5Y • 612HY

Modelo	A	B	C	D	E	F	F1	H	J	K	P	W
612HY	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6130Y	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

4.4...

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C

Simple reducción  
CHU-6130/5Y • 6215Y (cont.)

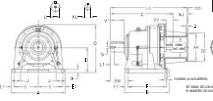
Ver los detalles sobre el soporte.

Modelo	Característica	Dimensiones							Nº de etapas	Reducción	Rango
		A2	A1	W	D	W1	F	F1			
4000	RED-4000	126	120	100	150	4	10	150	150	2,5	10 - 127
	RED-4000-1	174	168	132	150	4	10	150	150	3,15	10 - 171
	RED-4000-2	222	216	132	150	4	10	150	150	4	10 - 225
5000	RED-5000	174	168	100	200	4	10	200	200	2,5	10 - 171
	RED-5000-1	222	216	132	200	4	10	200	200	3,15	10 - 225
	RED-5000-2	270	264	132	200	4	10	200	200	4	10 - 270
6300	RED-6300	222	216	132	250	4	10	250	250	2,5	10 - 225
	RED-6300-1	270	264	132	250	4	10	250	250	3,15	10 - 270
	RED-6300-2	318	312	132	250	4	10	250	250	4	10 - 315

Ver los detalles sobre el soporte.

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C

Simple reducción  
CHU-6225Y • 6265Y



Ver los detalles sobre el soporte.

Modelo	Característica	Dimensiones							Nº de etapas	Reducción	Rango
		A2	A1	W	D	W1	F	F1			
4000	RED-4000	126	120	100	150	4	10	150	150	2,5	10 - 127
	RED-4000-1	174	168	132	150	4	10	150	150	3,15	10 - 171
	RED-4000-2	222	216	132	150	4	10	150	150	4	10 - 225
5000	RED-5000	174	168	100	200	4	10	200	200	2,5	10 - 171
	RED-5000-1	222	216	132	200	4	10	200	200	3,15	10 - 225
	RED-5000-2	270	264	132	200	4	10	200	200	4	10 - 270
6300	RED-6300	222	216	132	250	4	10	250	250	2,5	10 - 225
	RED-6300-1	270	264	132	250	4	10	250	250	3,15	10 - 270
	RED-6300-2	318	312	132	250	4	10	250	250	4	10 - 315

Ver los detalles sobre el soporte.

Reductores de velocidad CYCLOP 6000

Simple reducción  
CHU-6065Y • 6115Y


Ver los detalles sobre el soporte.

Modelo	Característica	Dimensiones							Nº de etapas	Reducción	Rango
		A2	A1	W	D	W1	F	F1			
4000	RED-4000	126	120	100	150	4	10	150	150	2,5	10 - 127
	RED-4000-1	174	168	132	150	4	10	150	150	3,15	10 - 171
	RED-4000-2	222	216	132	150	4	10	150	150	4	10 - 225
5000	RED-5000	174	168	100	200	4	10	200	200	2,5	10 - 171
	RED-5000-1	222	216	132	200	4	10	200	200	3,15	10 - 225
	RED-5000-2	270	264	132	200	4	10	200	200	4	10 - 270
6300	RED-6300	222	216	132	250	4	10	250	250	2,5	10 - 225
	RED-6300-1	270	264	132	250	4	10	250	250	3,15	10 - 270
	RED-6300-2	318	312	132	250	4	10	250	250	4	10 - 315

Ver los detalles sobre el soporte.

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje con pie, entrada de eje hueco

Simple reducción  
CHU-6065Y • 6115Y



Ver los detalles sobre el soporte.

Modelo	Característica	Dimensiones							Nº de etapas	Reducción	Rango
		A2	A1	W	D	W1	F	F1			
4000	RED-4000	126	120	100	150	4	10	150	150	2,5	10 - 127
	RED-4000-1	174	168	132	150	4	10	150	150	3,15	10 - 171
	RED-4000-2	222	216	132	150	4	10	150	150	4	10 - 225
5000	RED-5000	174	168	100	200	4	10	200	200	2,5	10 - 171
	RED-5000-1	222	216	132	200	4	10	200	200	3,15	10 - 225
	RED-5000-2	270	264	132	200	4	10	200	200	4	10 - 270
6300	RED-6300	222	216	132	250	4	10	250	250	2,5	10 - 225
	RED-6300-1	270	264	132	250	4	10	250	250	3,15	10 - 270
	RED-6300-2	318	312	132	250	4	10	250	250	4	10 - 315

Ver los detalles sobre el soporte.

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje con pie, entrada de eje hueco

Simple reducción  
CHU-6065Y • 6115Y (cont.)


Ver los detalles sobre el soporte.

Modelo	Característica	Dimensiones							Nº de etapas	Reducción	Rango
		A2	A1	W	D	W1	F	F1			
4000	RED-4000	126	120	100	150	4	10	150	150	2,5	10 - 127
	RED-4000-1	174	168	132	150	4	10	150	150	3,15	10 - 171
	RED-4000-2	222	216	132	150	4	10	150	150	4	10 - 225
5000	RED-5000	174	168	100	200	4	10	200	200	2,5	10 - 171
	RED-5000-1	222	216	132	200	4	10	200	200	3,15	10 - 225
	RED-5000-2	270	264	132	200	4	10	200	200	4	10 - 270
6300	RED-6300	222	216	132	250	4	10	250	250	2,5	10 - 225
	RED-6300-1	270	264	132	250	4	10	250	250	3,15	10 - 270
	RED-6300-2	318	312	132	250	4	10	250	250	4	10 - 315

Ver los detalles sobre el soporte.

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje con pie, entrada de eje hueco

Simple reducción  
CHU-6120Y • 616Y



Ver los detalles sobre el soporte.

Modelo	Característica	Dimensiones							Nº de etapas	Reducción	Rango
		A2	A1	W	D	W1	F	F1			
4000	RED-4000	126	120	100	150	4	10	150	150	2,5	10 - 127
	RED-4000-1	174	168	132	150	4	10	150	150	3,15	10 - 171
	RED-4000-2	222	216	132	150	4	10	150	150	4	10 - 225
5000	RED-5000	174	168	100	200	4	10	200	200	2,5	10 - 171
	RED-5000-1	222	216	132	200	4	10	200	200	3,15	10 - 225
	RED-5000-2	270	264	132	200	4	10	200	200	4	10 - 270
6300	RED-6300	222	216	132	250	4	10	250	250	2,5	10 - 225
	RED-6300-1	270	264	132	250	4	10	250	250	3,15	10 - 270
	RED-6300-2	318	312	132	250	4	10	250	250	4	10 - 315

Ver los detalles sobre el soporte.

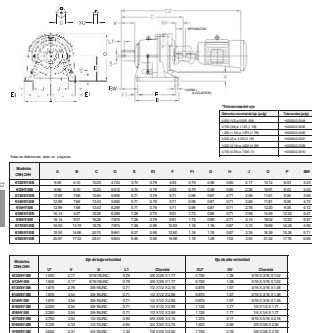
Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, entrada de eje hueco**  
 Simple reducción  
 CNH-6120/SY • 6164H/cont.

Ver dimensiones más de página

Modelo	Reducción	AP	AV	AK	MA	MP	AP	A	BP	C	E	FA	FP	GA	GP	HP	JA	JP	KA	KP	LA	LP	MA	MP	NA	NP	OA	OP	PA	PP	QA	QP	RA	RP	SA	SP	TA	TP	UA	UP	VA	VP	WA	WP	XA	XP	YA	YP	ZA	ZP	AA							
4000	MV500A3	2,00	340	360	370	375	2	170	100	130	100	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

Ver dimensiones más de página

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, base tipo bandeja**  
 Simple reducción  
 CHH-6120/SY • CHH-6190/SY-58



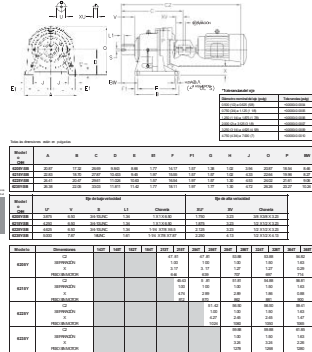
Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, base tipo bandeja**  
 Simple reducción  
 CNH-6120/SY • CHH-6190/SY-58 (cont.)

Ver dimensiones más de página

Modelo	Reducción	AP	AV	AK	MA	MP	AP	A	BP	C	E	FA	FP	GA	GP	HP	JA	JP	KA	KP	LA	LP	MA	MP	NA	NP	OA	OP	PA	PP	QA	QP	RA	RP	SA	SP	TA	TP	UA	UP	VA	VP	WA	WP	XA	XP	YA	YP	ZA	ZP	AA					
4000	MV500A3	2,00	340	360	370	375	2	170	100	130	100	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

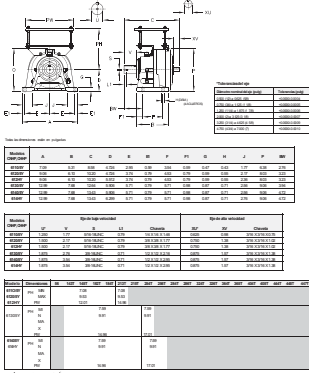
Ver dimensiones más de página

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, base tipo bandeja**  
 Simple reducción  
 CHH-6205/SY • 6235/SY-58 (cont.)



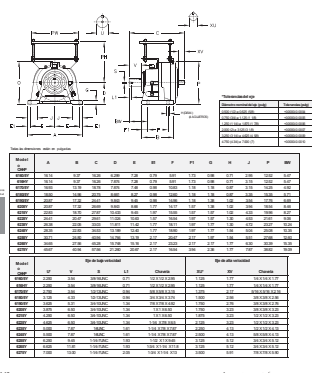
Ver dimensiones más de página

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Top Mount**  
 Simple reducción  
 CNHP-6110/SY • 6124H/CNHP-6130/SY • 6144H



Ver dimensiones más de página

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Top Mount**  
 Simple reducción  
 CNHP-6160/SY • 6275Y



Ver dimensiones más de página



Reductores de velocidad CYCLO® 6000

### Dimensiones Top Mount

Simple reducción  
CHHP-6160/SY • 6275Y (cont.)

Ver especificaciones sobre el catálogo

Modelo	Eje de salida										Eje de entrada
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
CHHP-6160/SY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHHP-6275Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHHP-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHHP-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHHP-6660Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144

Ver especificaciones sobre el catálogo

Reductores de velocidad CYCLO® 6000

### Dimensiones Montaje con pie

Doble reducción  
CHH-6060/SDAY • 6120/SDBY

Ver especificaciones sobre el catálogo

Modelo	Eje de salida										Eje de entrada
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
CHH-6060/SDAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6120/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144

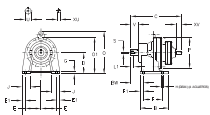
Ver especificaciones sobre el catálogo



Reductores de velocidad CYCLO® 6000

### Dimensiones Montaje con pie

Doble reducción  
CNH-6060/SDAY • 6120/SDBY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
CHH-6060/SDAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6120/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144

Ver especificaciones sobre el catálogo

Modelo	Eje de salida										Eje de entrada
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
CHH-6060/SDAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6120/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144

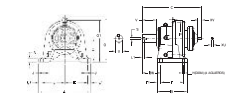
Ver especificaciones sobre el catálogo



Reductores de velocidad CYCLO® 6000

### Dimensiones Montaje con pie

Doble reducción  
CHH-6130/SDCY • 6140/SDBY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
CHH-6130/SDCY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6140/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144

Ver especificaciones sobre el catálogo

Modelo	Eje de salida										Eje de entrada
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
CHH-6130/SDCY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6140/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144

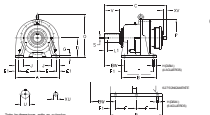
Ver especificaciones sobre el catálogo



Reductores de velocidad CYCLO® 6000

### Dimensiones Montaje con pie

Doble reducción  
CNH-6160/SDCY • 6275DAY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
CHH-6160/SDCY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6275DAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144

Ver especificaciones sobre el catálogo

Modelo	Eje de salida										Eje de entrada
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
CHH-6160/SDCY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6275DAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144

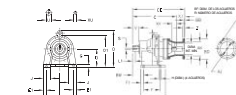
Ver especificaciones sobre el catálogo



Reductores de velocidad CYCLO® 6000

### Dimensiones Montaje con pie, cara C

Doble reducción  
CNH-6060/SDAY • 6120/SDBY



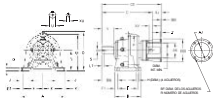
Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
CHH-6060/SDAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6120/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144	144	144

Ver especificaciones sobre el catálogo

Modelo	Eje de salida										Eje de entrada
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
CHH-6060/SDAY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6120/SDBY	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6250Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6400Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144
CHH-6530Y	124	114	144	120	200	144	144	144	144	144	144

Ver especificaciones sobre el catálogo

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C  
Doble reducción  
CHH-6130/SDCY • 6160/SDCY



Dimensiones	Unidad
A	mm
B	mm
C	mm
D	mm
E	mm
F	mm
G	mm
H	mm
I	mm
J	mm
K	mm
L	mm
M	mm
N	mm
O	mm
P	mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
CHH-6130/SDCY	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CHH-6160/SDCY	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

VerBrico S.p.A. - Gialli® 6000000

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C  
Doble reducción  
CHH-6170/SDCY • 625SDBY

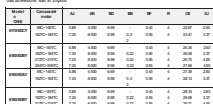


Dimensiones	Unidad
A	mm
B	mm
C	mm
D	mm
E	mm
F	mm
G	mm
H	mm
I	mm
J	mm
K	mm
L	mm
M	mm
N	mm
O	mm
P	mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
CHH-6170/SDCY	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
CHH-625SDBY	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180

VerBrico S.p.A. - Gialli® 6000000

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C  
Doble reducción  
CHH-6170/SDCY • 625SDBY (cont.)

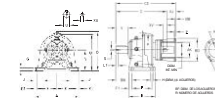


Dimensiones	Unidad
A	mm
B	mm
C	mm
D	mm
E	mm
F	mm
G	mm
H	mm
I	mm
J	mm
K	mm
L	mm
M	mm
N	mm
O	mm
P	mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
CHH-6170/SDCY	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
CHH-625SDBY	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180

VerBrico S.p.A. - Gialli® 6000000

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C  
Doble reducción  
CHH-6235DAY • 6275DAY

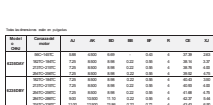


Dimensiones	Unidad
A	mm
B	mm
C	mm
D	mm
E	mm
F	mm
G	mm
H	mm
I	mm
J	mm
K	mm
L	mm
M	mm
N	mm
O	mm
P	mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
CHH-6235DAY	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
CHH-6275DAY	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250

VerBrico S.p.A. - Gialli® 6000000

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
Dimensiones Montaje con pie, cara C  
Doble reducción  
CHH-6235DAY • 6275DAY (cont.)

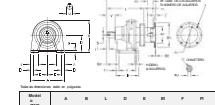


Dimensiones	Unidad
A	mm
B	mm
C	mm
D	mm
E	mm
F	mm
G	mm
H	mm
I	mm
J	mm
K	mm
L	mm
M	mm
N	mm
O	mm
P	mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
CHH-6235DAY	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
CHH-6275DAY	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250

VerBrico S.p.A. - Gialli® 6000000

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
Dimensiones Montaje con pie, entrada de eje hueco  
Doble reducción  
CHH-6065DAY • 6145DAY

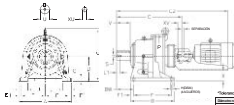


Dimensiones	Unidad
A	mm
B	mm
C	mm
D	mm
E	mm
F	mm
G	mm
H	mm
I	mm
J	mm
K	mm
L	mm
M	mm
N	mm
O	mm
P	mm

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
CHH-6065DAY	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
CHH-6145DAY	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

VerBrico S.p.A. - Gialli® 6000000

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CHH-6160/SDCY • 6190/SDBW-58**



Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CHH-6160/SDCY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHH-6190/SDBW	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

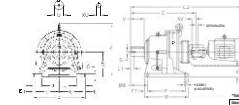
Nota de observación: ver el apartado.

Dimensiones (mm)

Modelo	L1	L2	L3	Clavija	SRP	SRP	Clavija	SRP	SRP	Clavija
CHH-6160/SDCY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHH-6190/SDBW	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

VerBosch.com

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CHH-62050BY • 6275DAY-58**



Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CHH-62050BY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHH-6275DAY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

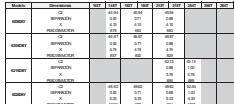
Nota de observación: ver el apartado.

Dimensiones (mm)

Modelo	L1	L2	L3	Clavija	SRP	SRP	Clavija	SRP	SRP	Clavija
CHH-62050BY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHH-6275DAY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

VerBosch.com

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje con pie, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CHH-62050BY • 6275DAY-58 (cont.)**



Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CHH-62050BY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHH-6275DAY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

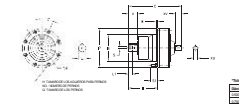
Nota de observación: ver el apartado.

Dimensiones (mm)

Modelo	L1	L2	L3	Clavija	SRP	SRP	Clavija	SRP	SRP	Clavija
CHH-62050BY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHH-6275DAY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

VerBosch.com

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje universal con brida F**  
 Simple reducción  
**CNF-6060/SY • 6120/SY**



Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CNF-6060/SY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CNF-6120/SY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

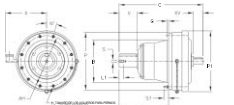
Nota de observación: ver el apartado.

Dimensiones (mm)

Modelo	L1	L2	L3	Clavija	SRP	SRP	Clavija	SRP	SRP	Clavija
CNF-6060/SY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CNF-6120/SY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

VerBosch.com

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje horizontal con brida F**  
 Simple reducción  
**CHF-6130/S • 6190/SY**



Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CHF-6130/S	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHF-6190/SY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

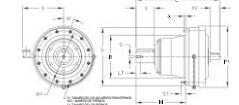
Nota de observación: ver el apartado.

Dimensiones (mm)

Modelo	L1	L2	L3	Clavija	SRP	SRP	Clavija	SRP	SRP	Clavija
CHF-6130/S	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHF-6190/SY	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

VerBosch.com

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje horizontal con brida F**  
 Simple reducción  
**CHF-6205Y • 6265Y**



Dimensiones (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CHF-6205Y	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHF-6265Y	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

Nota de observación: ver el apartado.

Dimensiones (mm)

Modelo	L1	L2	L3	Clavija	SRP	SRP	Clavija	SRP	SRP	Clavija
CHF-6205Y	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
CHF-6265Y	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

VerBosch.com

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida F**  
 Simple reducción  
**CVF-6130/SY • 6120/SY**

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
CVF6130	230	130	120	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
CVF6120	210	110	100	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**  
**Dimensiones Montaje universal con brida F, cara C**  
 Simple reducción  
**CVF-6060/SY • 6120/SY**

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
CVF6060	210	110	100	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
CVF6120	230	130	120	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**  
**Dimensiones Montaje universal con brida F, cara C**  
 Simple reducción  
**CVF-6060/SY • 6120/SY (cont.)**

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
CVF6060	210	110	100	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
CVF6120	230	130	120	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**  
**Dimensiones Montaje horizontal con brida F, cara C**  
 Simple reducción  
**CHF-6130/SY • 6215Y**

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
CHF6130	230	130	120	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
CHF6215Y	250	150	140	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**  
**Dimensiones Montaje horizontal con brida F, cara C**  
 Simple reducción  
**CHF-6130/SY • 6215Y (cont.)**

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
CHF6130	230	130	120	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
CHF6215Y	250	150	140	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320

**Reductores de velocidad CYCLOP® 6000**  
**Dimensiones Montaje horizontal con brida F, cara C**  
 Simple reducción  
**CHF-6225Y • 6255Y**

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
CHF6225Y	270	170	160	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
CHF6255Y	290	190	180	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360







Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V**  
 Simple reducción  
**CVV-6160/5Y + 6275Y (cont.)**

Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6160	6160-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6160-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6160-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6275	6275-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6275-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6275-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225



Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje universal y vertical con brida en V, cara C**  
 Simple reducción  
**CVU-6060/5Y + 6120/5Y**

Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6060	6060-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6060-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6060-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6120	6120-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6120-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6120-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225



Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6060	6060-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6060-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6060-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6120	6120-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6120-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6120-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225

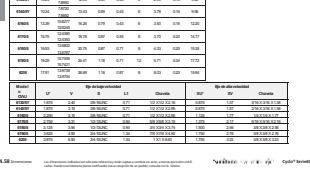
Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje universal y vertical con brida en V, cara C**  
 Simple reducción  
**CVVI-6060/5Y + 6120/5Y (cont.)**

Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6060	6060-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6060-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6060-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6120	6120-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6120-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6120-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225



Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Simple reducción  
**CVVI-6130/5Y + 6205Y**

Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6130	6130-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6130-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6130-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6205	6205-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6205-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6205-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225



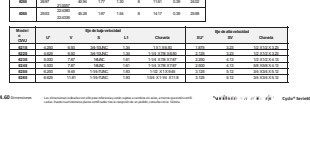
Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Simple reducción  
**CVVI-6130/5Y + 6205Y (cont.)**

Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6130	6130-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6130-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6130-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6205	6205-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6205-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6205-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225



Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Simple reducción  
**CVVI-6215Y + 6205Y**

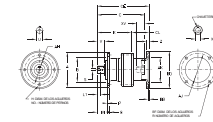
Tipo	Código	De 3000 a 1500 rpm				De 1500 a 750 rpm				Peso, kg
		DT	W	H	L1	DT	W	H	L1	
6215	6215-1500	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6215-1000	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	6215-750	150	150	150	150	150	150	150	150	150
6205	6205-1500	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6205-1000	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	6205-750	225	225	225	225	225	225	225	225	225



Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C  
Simple reducción  
CVV-6215 + 6265 (cont.)

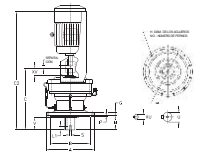
Modelo	Código	Entrada				C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
		A	B	C	D																									
CVV-6215	1110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje universal con brida en V, entrada de eje hueco  
Simple reducción  
CVV-6060/5Y + 6100/5Y



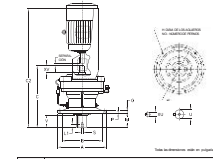
Modelo	Código	Entrada				C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		A	B	C	D																								
CVV-6060/5Y	1110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja  
Simple reducción  
CVV-6120/5Y-5B  
CVV-6130/5Y + 6140/5Y-5B



Modelo	Código	Entrada				C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		A	B	C	D																								
CVV-6120/5Y-5B	1110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja  
Simple reducción  
CVV-6160/5Y + 6235Y-5B

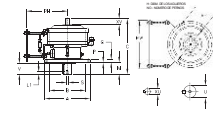


Modelo	Código	Entrada				C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		A	B	C	D																								
CVV-6160/5Y	1110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja  
Simple reducción  
CVV-6160/5Y + 6235Y-5B (cont.)

Modelo	Código	Entrada				C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		A	B	C	D																								
CVV-6160/5Y	1110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

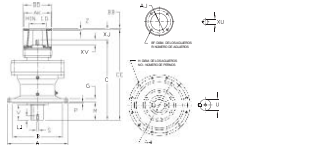
Reductores de velocidad CYCLOP 6000  
Dimensiones Montajes laterales, universal y vertical, con brida en V  
Simple reducción  
CNPV-6110/5Y + 6120/5Y, CVVP-6130/5Y + 6235Y



Modelo	Código	Entrada				C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		A	B	C	D																								
CNPV-6110/5Y	1110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



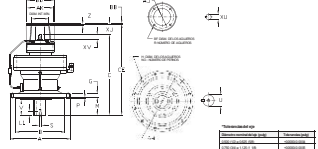
Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Doble reducción  
 CVVJ-6130/SDCY • 6140/5DBY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6130	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Ver en documento web en español

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Vertical V-Flange Mount, cara C**  
 Doble reducción  
 CVVJ-6160/SDCY • 6205DBY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6160	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

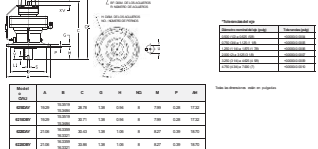
Ver en documento web en español

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Doble reducción  
 CVVJ-6160/SDCY • 6205DBY (cont.)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6160	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Ver en documento web en español

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Doble reducción  
 CVVJ-6215DAY • 6275DAY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6215	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

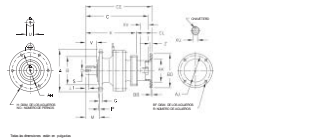
Ver en documento web en español

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, cara C**  
 Doble reducción  
 CVVJ-6215DAY • 6275DAY (cont.)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6215	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Ver en documento web en español

Reductores de velocidad CYCLOP® 6000  
**Dimensiones Montaje universal vertical con brida en V, entrada de eje hueco**  
 Doble reducción  
 CNVJ-6065DAY • 6125DBY, CVVJ-6133DCY • 6145DBY



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6065	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Ver en documento web en español

**Reductores de velocidad CYCLOP 6000**  
**Dimensiones Montaje universal y vertical con brida en V, entrada de eje hueco**  
 Doble reducción  
**CVV-6060DAV • 6125DBY, CVV-6135DCY • 6145DBY (cont.)**

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

Modelo	Reducción	12	16	20	25	30	36	45	56	71	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
6060DAV	200	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2
6125DBY	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1
6135DCY	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1
6145DBY	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

**Reductores de velocidad CYCLOP 4000**  
**Dimensiones Montaje universal y vertical con brida en V, entrada de eje hueco**  
 Doble reducción  
**CVV-4060DAV • 4125DBY, CVV-4135DCY • 4145DBY (cont.)**

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

Modelo	Reducción	12	16	20	25	30	36	45	56	71	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
4060DAV	200	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2
4125DBY	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1
4135DCY	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1
4145DBY	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1

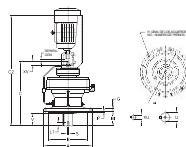
**Reductores de velocidad CYCLOP 6000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CVV-6160/SDCY • 6215DBY-SB (cont.)**

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

Modelo	Reducción	12	16	20	25	30	36	45	56	71	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
6160SDCY	200	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2
6215DBY-SB	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1

**Reductores de velocidad CYCLOP 4000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CVV-4160/SDCY • 4215DBY-SB (cont.)**

**Reductores de velocidad CYCLOP 6000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CVV-6060/SDCY • 6215DBY-SB**



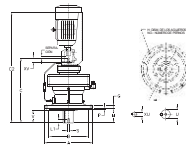
Modelo	Reducción	12	16	20	25	30	36	45	56	71	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
6060SDCY	200	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2
6215DBY-SB	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
6060SDCY	180	150	120	100	90	80	70	60	50	40
6215DBY-SB	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30

Modelo	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE
6060SDCY	180	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30
6215DBY-SB	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20

**Reductores de velocidad CYCLOP 4000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CVV-4160/SDCY • 4215DBY-SB**



Modelo	Reducción	12	16	20	25	30	36	45	56	71	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
4160SDCY	200	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2
4215DBY-SB	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4160SDCY	180	150	120	100	90	80	70	60	50	40
4215DBY-SB	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30

Modelo	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE
4160SDCY	180	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30
4215DBY-SB	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20

**Reductores de velocidad CYCLOP 6000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CVV-6225DAV • 6265DAY-SB**

Ver en italiano: 1045, en japonés: 1045

Modelo	Reducción	12	16	20	25	30	36	45	56	71	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
6225DAV	200	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2
6265DAY-SB	200	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10	8	6	5	4	3	2	1

**Reductores de velocidad CYCLOP 4000**  
**Dimensiones Montaje vertical con brida en V, base tipo bandeja**  
 Doble reducción  
**CVV-4225DAV • 4265DAY-SB (cont.)**

# 5

## Información técnica

### Lubricación

Los reductores CYCLO® están lubricados con grasa o con aceite. Para determinar el tipo de lubricación de una unidad, consulte las páginas 5.3 y 5.4.

- Los reductores lubricados con **grasa** se llenan con grasa antes de su envío, y están listos para su instalación y operación.
- Los reductores lubricados con **aceite** deben llenarse con la cantidad apropiada de un aceite aprobado, antes de su instalación y operación.
- Los **metodos de lubricación** (grasa o aceite) son específicos para los Ciclos impulsados a velocidad de entrada nominal.



#### Grasas aprobadas

Las características técnicas de las grasas se detallan en la tabla siguiente. Para obtener más información, consulte el catálogo de productos de Velitec.

Grasa	Velitec	Grasa	Velitec
EP 2	EP 2	EP 2	EP 2
EP 3	EP 3	EP 3	EP 3



#### Aceites aprobados

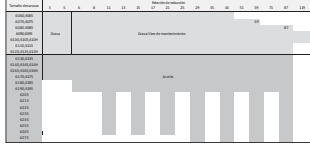
Las características técnicas de los aceites se detallan en la tabla siguiente. Para obtener más información, consulte el catálogo de productos de Velitec.

Aceite	Velitec	Aceite	Velitec	Aceite	Velitec
EP 2	EP 2	EP 2	EP 2	EP 2	EP 2
EP 3	EP 3	EP 3	EP 3	EP 3	EP 3

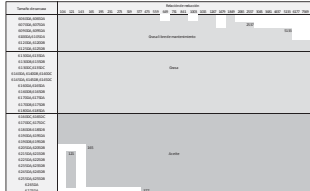


### Lubricación

#### Reductores de montaje HORIZONTAL •SIMPLE reducción •Tamaños de carcasa de 6060 a 6275

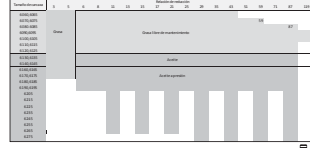


#### Reductores de montaje HORIZONTAL •DOBLE reducción •Tamaños de carcasa de 6060A a 6275DA



### Lubricación

#### Reductores de montaje VERTICAL •SIMPLE reducción •Tamaños de carcasa de 6060 a 6275



#### Reductores de montaje VERTICAL •DOBLE reducción •Tamaños de carcasa de 6060DA a 6275DA

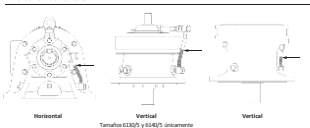


### Lubricación

#### Cantidades para llenado de aceite

Velitec	Grasa		Aceite	
	Velitec	Grasa	Velitec	Aceite
6060	0.15	0.15	0.15	0.15
6060A	0.15	0.15	0.15	0.15
6060B	0.15	0.15	0.15	0.15
6060C	0.15	0.15	0.15	0.15
6060D	0.15	0.15	0.15	0.15
6060E	0.15	0.15	0.15	0.15
6060F	0.15	0.15	0.15	0.15
6060G	0.15	0.15	0.15	0.15
6060H	0.15	0.15	0.15	0.15
6060I	0.15	0.15	0.15	0.15
6060J	0.15	0.15	0.15	0.15
6060K	0.15	0.15	0.15	0.15
6060L	0.15	0.15	0.15	0.15
6060M	0.15	0.15	0.15	0.15
6060N	0.15	0.15	0.15	0.15
6060O	0.15	0.15	0.15	0.15
6060P	0.15	0.15	0.15	0.15
6060Q	0.15	0.15	0.15	0.15
6060R	0.15	0.15	0.15	0.15
6060S	0.15	0.15	0.15	0.15
6060T	0.15	0.15	0.15	0.15
6060U	0.15	0.15	0.15	0.15
6060V	0.15	0.15	0.15	0.15
6060W	0.15	0.15	0.15	0.15
6060X	0.15	0.15	0.15	0.15
6060Y	0.15	0.15	0.15	0.15
6060Z	0.15	0.15	0.15	0.15

#### Nivel de llenado de aceite



### Esfuerzos radiales •Eje de baja velocidad

Los esfuerzos radiales son un tipo de carga que actúa sobre el eje de salida de un reductor. Este tipo de carga puede ser causada por un desbalance en el eje de salida o por un mal alineamiento de los ejes de entrada y salida.

#### Cómo calcular el esfuerzo radial (ORL)

1. Medir la distancia  $r$  desde la superficie del eje del reductor hasta la línea de centro de la carga.
2. Determinar el factor de ubicación de la carga ( $U$ ) para el tamaño de carcasa elegido, mediante la tabla del factor de ubicación de la carga de la página siguiente.
3. Determinar el factor de conexión ( $C$ ) y el factor de impacto ( $I$ ) en las tablas que siguen.
4. Aplicar los factores  $U$ ,  $C$  y  $I$  a la fórmula para calcular el esfuerzo radial (ORL).
5. Consultar nuevamente las tablas de selección de tamaño de carcasa (páginas 5.3 y 5.4) para determinar la capacidad máxima admisible de esfuerzo radial (ORL) para el tamaño de carcasa seleccionado.

Si el esfuerzo radial (ORL) calculado supera la capacidad de esfuerzo radial (ORL) de la carcasa seleccionada, se debe considerar una de las siguientes opciones:

1. Usar un tamaño de carcasa mayor.
2. Aumentar la carga a la superficie del eje.
3. Reducir el esfuerzo radial (ORL) actuando en el diseño previo del dispositivo de conexión.

Asignar de modular y verificar la capacidad de esfuerzo radial (ORL) del mecanismo de carcasa.



Reductores de velocidad CYCLOP®6000  
Esfuerzos radiales, Eje de baja velocidad

Factores de ubicación de la carga (L<sub>f</sub>), eje de baja velocidad

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**EJEMPLO**  
Una transmisión de velocidad reducida que transmite potencia de 50 kW a un parámetro de funcionamiento de 1000 rpm, con un eje de salida de 50 mm de diámetro, está equipada con rodamientos de bolas de capacidad estándar que se utilizan para el eje de baja velocidad. El eje de entrada de la transmisión está equipado con un rodamiento de bolas de capacidad estándar que se utiliza para el eje de alta velocidad. El eje de entrada de la transmisión está equipado con un rodamiento de bolas de capacidad estándar que se utiliza para el eje de alta velocidad.

Reductores de velocidad CYCLOP®6000  
Esfuerzos radiales, Eje de baja velocidad

Opción de carcasa de hierro fundido nodular y rodamientos de alta capacidad  
Tipo R2  
Capacidad de esfuerzo radial del eje de baja velocidad (lb)

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Reductores de velocidad CYCLOP®6000  
Esfuerzos radiales, Eje de alta velocidad

Factores de ubicación de la carga (L<sub>f</sub>), eje de alta velocidad

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Reductores de velocidad CYCLOP®6000  
Esfuerzos radiales, Eje de baja velocidad

Opción de rodamientos de alta capacidad  
Tipo R1  
Capacidad de esfuerzo radial del eje de baja velocidad (lb)

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Reductores de velocidad CYCLOP®6000  
Esfuerzos radiales • Eje de alta velocidad

Los esfuerzos radiales son cargas que actúan en forma tangencial sobre el eje del eje de salida. Cálculo de los esfuerzos radiales de alta velocidad para un eje de salida de 50 mm de diámetro. El eje de entrada de la transmisión está equipado con un rodamiento de bolas de capacidad estándar que se utiliza para el eje de alta velocidad. El eje de entrada de la transmisión está equipado con un rodamiento de bolas de capacidad estándar que se utiliza para el eje de alta velocidad.

Cómo calcular el esfuerzo radial (DR)



1. Mida la distancia  $X$  desde la superficie exterior del eje del eje de salida hasta la línea de acción de la carga.
2. Determine el factor de ubicación de la carga ( $L_f$ ) para el tamaño de carcasa elegido, consultando la tabla de factores de ubicación de la carga de la página siguiente.
3. Determine el factor de conexión ( $C_f$ ) y el factor de impacto ( $I_f$ ) en las tablas que siguen.
 

Factor de conexión ( $C_f$ )	1,00	Factor de impacto ( $I_f$ )	1,00
Factor de conexión ( $C_f$ )	1,25	Factor de impacto ( $I_f$ )	1,25
Factor de conexión ( $C_f$ )	1,50	Factor de impacto ( $I_f$ )	1,50
Factor de conexión ( $C_f$ )	2,00	Factor de impacto ( $I_f$ )	2,00
4. Aplique las ecuaciones  $L_f C_f I_f$  a la fórmula para calcular el esfuerzo radial (DR).
5. Consulte nuevamente la tabla de capacidad de esfuerzo radial (DR) (página 5.12) para determinar la máxima capacidad admisible de esfuerzo radial del tamaño de carcasa seleccionado. Si el esfuerzo radial (DR) calculado no supera la capacidad de esfuerzo radial indicada en la tabla de selección, el tamaño de carcasa seleccionado es aceptable. Si el esfuerzo radial (DR) calculado supera la capacidad de esfuerzo radial, utilice dicho rango y pruebe tamaños de carcasa mayor. Reitere el proceso de selección y verifique la capacidad de esfuerzo radial (DR) del nuevo tamaño de carcasa.

Reductores de velocidad CYCLOP®6000  
Esfuerzos radiales, Eje de alta velocidad

Capacidad de esfuerzo radial del eje de alta velocidad (lb)

Tipos de rodamientos	Tipos de rodamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje horizontal	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eje vertical	Radial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Radial y axial	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

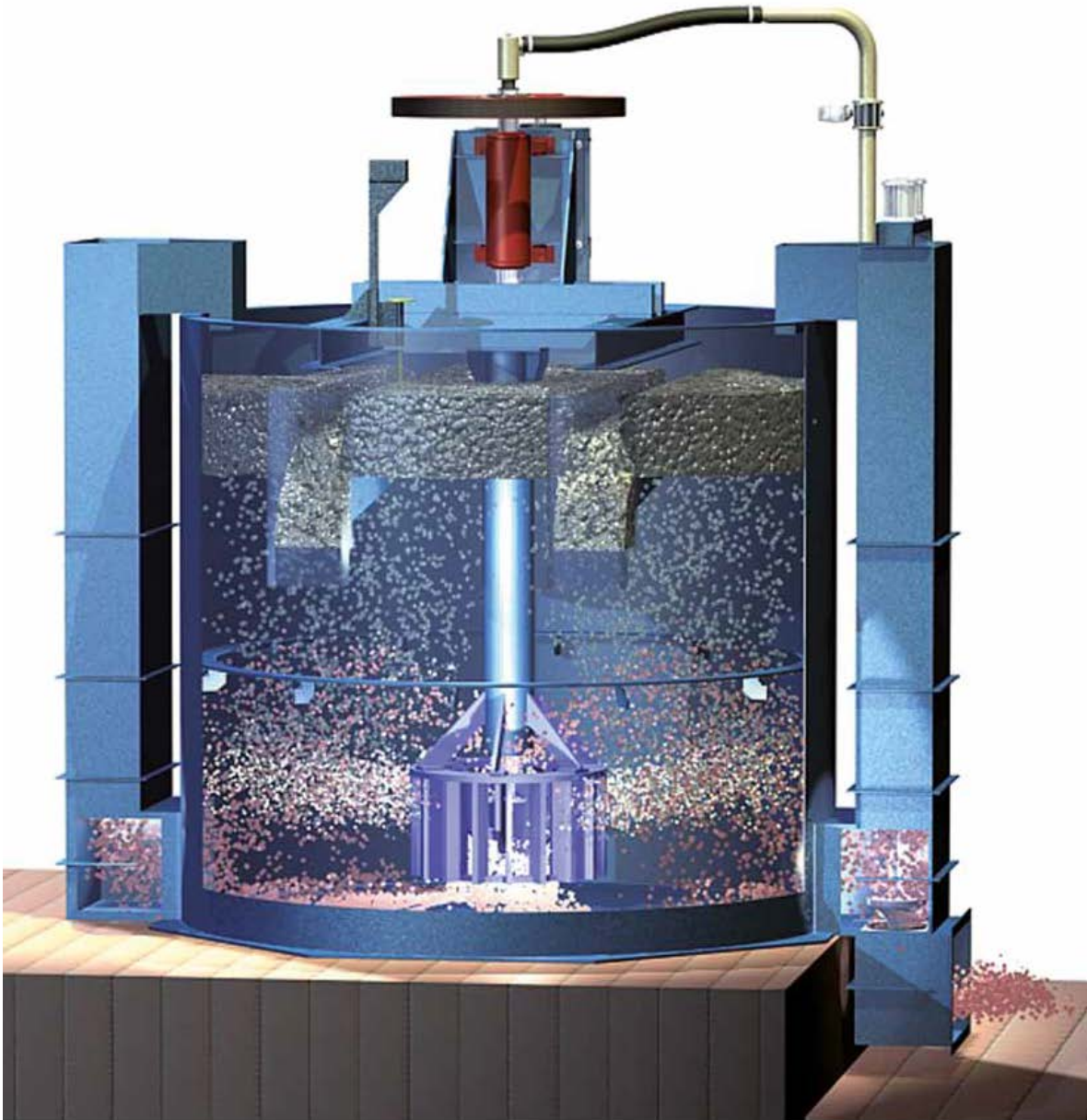


RCS<sup>MR</sup>

# Máquinas de flotación



# El concepto de flotación





La máquina de flotación RCS es el diseño más reciente que utiliza el concepto de estanque circular y combina los beneficios de celdas circulares con las características únicas del mecanismo de Metso para crear las condiciones ideales para maximizar el rendimiento de flotación para las tareas de desbastado, limpieza y depuración.

Metso ofrece una gama completa de volúmenes de celda necesarios para modernas plantas de procesamiento de minerales con tamaños de celda que varían entre 0,8 a 200 m<sup>2</sup>.

#### **Mecanismo de flotación DV<sup>MR</sup>**

El mecanismo de impulsión DV<sup>MR</sup> (Deep Vane) de aspa profunda protegido bajo patente, consiste en una disposición única de aspas verticales con cantos inferiores perfilados y un montaje de dispersión de aire. El diseño del mecanismo produce un fuerte bombeo radial de lodo hacia la pared de la celda y retorna fuertes flujos a su vez en el lado inferior del impulsor para minimizar el enarenamiento. En forma adicional, es el único mecanismo que proporciona una recirculación de lodos hacia la parte superior del impulsor. Las aspas del difusor vertical estimulan estos patrones de flujo radial y eliminan completamente la rotación de lodos en el estanque.

#### **Aumento del rendimiento de flotación**

- Un máximo contacto partícula – burbuja en el interior del mecanismo y el estanque de flotación.
- Suspensión eficaz de sólidos durante la operación y resuspensión después de paralización.
- Dispersión y distribución efectiva del aire a través de todo el volumen de la celda.

#### **Reducción de costos operativos**

- Mecanismo diseñado para minimizar las zonas locales de alta velocidad al interior del impulsor y del difusor para extender su tiempo de desgaste.
- Los impulsores y difusores se proporcionan en elastómeros de alta resistencia al desgaste o en poliuretano moldeado.
- El perfil del impulsor está diseñado para minimizar la potencia absorbida.



## Máquinas de flotación RCS<sup>MR</sup>

La máquina de flotación RCS<sup>MR</sup> (Sistema de celda de reactor), ha sido desarrollada para combinar los beneficios del concepto de celda circular con las características únicas del mecanismo DV<sup>MR</sup> y así crear las condiciones ideales para maximizar el rendimiento de flotación para las funciones de desbaste, depuración y limpieza. La recuperación máxima de flotación y rendimiento ha sido lograda a través de una cuidadosa atención al diseño del estanque.

- Una zona inferior muy activa para lograr óptima suspensión de sólidos y su transporte, diseñada para maximizar y crear múltiples contactos partícula - burbuja para la recuperación de la gama completa de tamaños de partículas presentes.
- Una zona superior con turbulencia reducida para evitar la separación partícula - burbuja en los tamaños mayores.
- Una superficie de celda estable para minimizar el rearrastre de partículas.

### Características del diseño del estanque

- Concepto de estanque circular con bajos niveles de ingreso y salida de lodos para reducir la posibilidad de que se produzca un cortocircuito de éstos.

- Diseño de estanque modular para simplificar su construcción, transporte e instalación en lugar de funcionamiento.
- Sobreestructura de la celda diseñada para sustentar en forma rígida el mecanismo de flotación y la transmisión, al mismo tiempo para sustentar tanto la plataforma de mantenimiento del sistema de transmisión como la pasarela que se extiende a lo largo de las celdas en el estanque de flotación. En cuanto a la aplicación de reglas ambientales, la parte superior se puede cerrar completamente para disminuir la salida de partículas ultrafinas hacia la atmósfera del concentrador.
- Solamente se necesita protección contra el desgaste en el área central de la base del estanque, no se necesita protección en la pared del estanque.

### Cajas de alimentación y descarga

- Las cajas de alimentación, intermedia y de descarga son estándar. Se han destinado válvulas de dardo para control de flujo aguas abajo a nivel de piso de la celda.

### Manejo de la espuma

Cada uno de los estanques RCS<sup>MR</sup> está provisto de bateas con paletas de flujo transversal para lograr una mínima distancia de transporte de espuma y posterior retiro de ésta.

- Ambas bateas se descargan hacia un lado de la celda para simplificar el manejo de la espuma.

- Se pueden instalar fácilmente placas de empuje para reducir los tiempos de permanencia de la espuma y aumentar la recuperación de partículas gruesas y depuración.

### Control de nivel

El nivel de control de la pulpa se realiza en forma convencional a través de válvulas de dardo operadas en forma neumática tipo flotante o por medio de sensor de niveles a pedido del cliente.

### Facilidad de mantenimiento

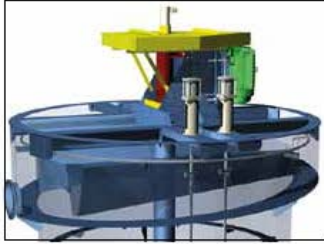
- El mecanismo DV está completamente suspendido por la sobreestructura de la celda y puede retirarse como una unidad completa en el momento de realizar un mantenimiento de rutina.
- Las piezas de desgaste se pueden reemplazar dentro de la máquina de flotación sin necesidad de retirar el mecanismo.

### Control del aire

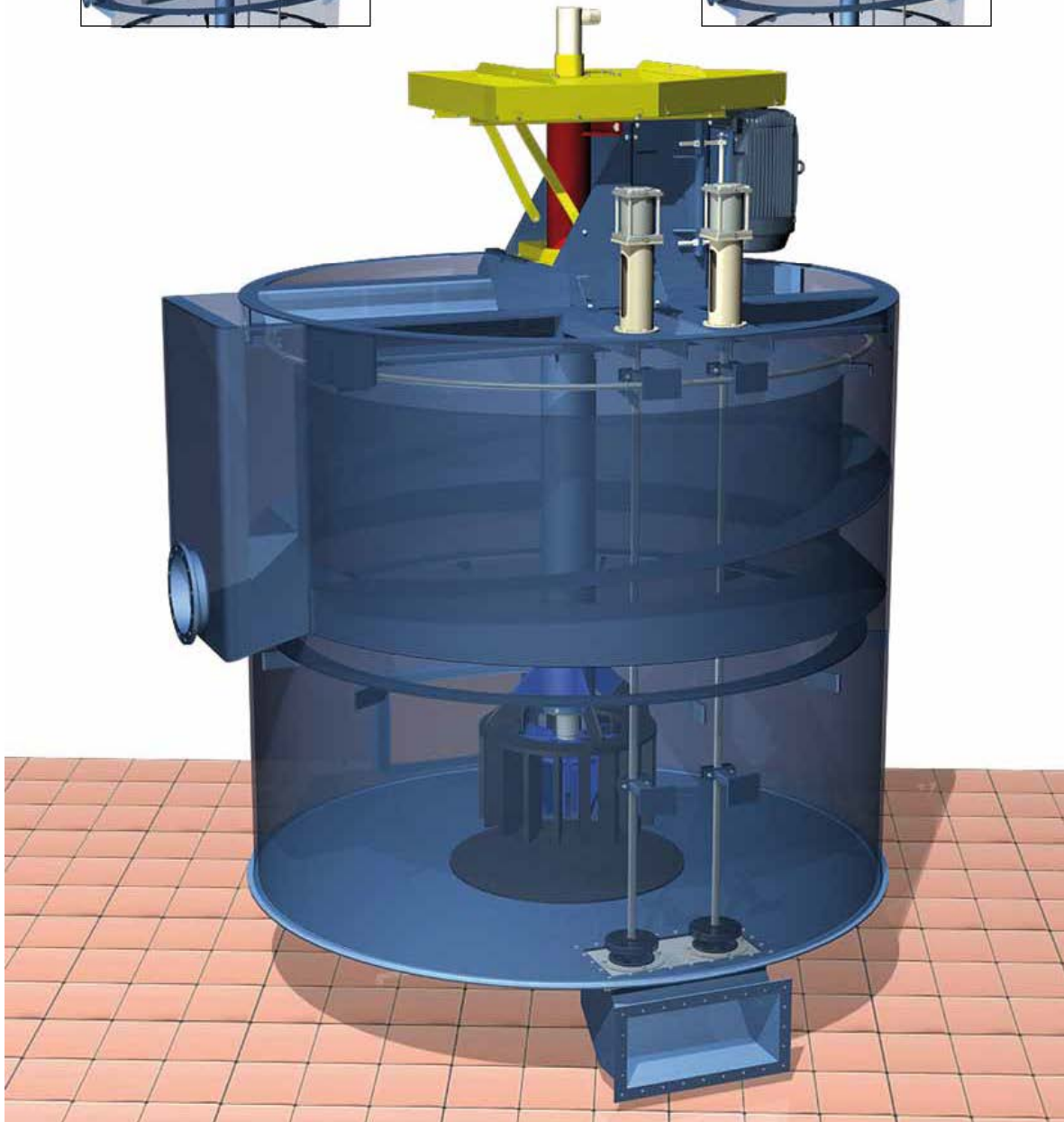
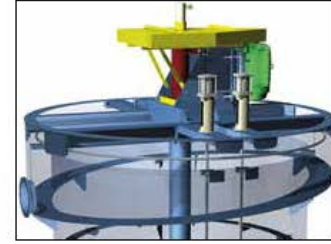
- El aire de flotación es provisto por un compresor separado.
- La tasa de aereación se controla en forma manual o automática.

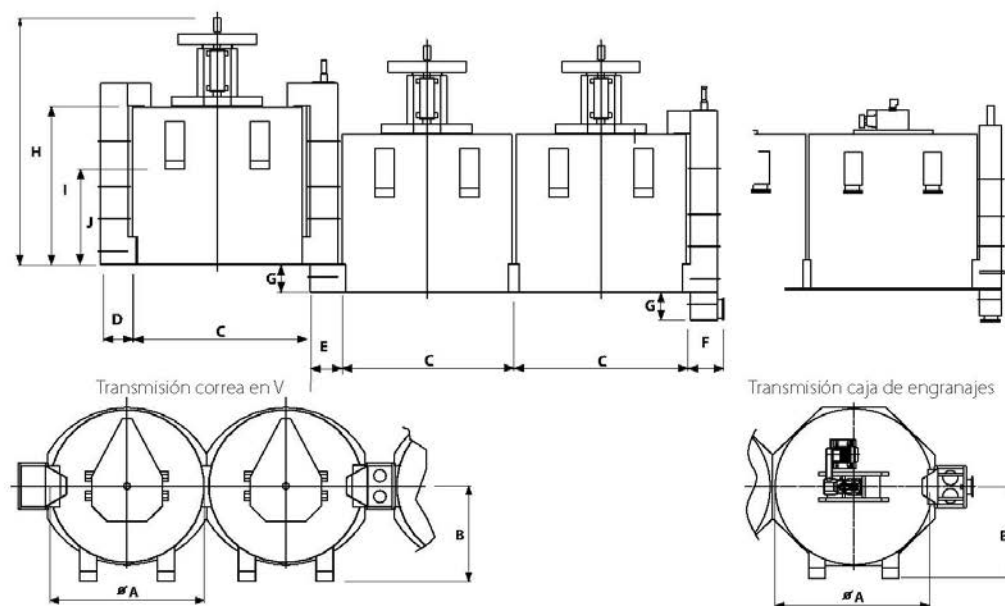
### Sistemas de impulsión probados

- La transmisión de correa en V es estándar hasta un volumen de celda de 70 m<sup>3</sup> y está disponible hasta 130 m<sup>3</sup>.
- La transmisión de la caja de engranajes con rodamientos de eje de rendimiento extendido y la construcción de pozo seco es estándar para volúmenes de celda sobre los 70 m<sup>3</sup>. Pequeñas cajas de cambios también están disponibles.



La solución de lavado estándar es con lavadores transversales, pero lavadores periféricos internos o externos están disponibles así como la combinación de ambos.





### Dimensiones de celda transmisión correa en V

	∅A*	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RCS 0,8	1100	770	1180	140	250	375	190	1790	1240	490
RCS 3	1700	1050	1800	285	300	425	250	2790	1810	1010
RCS 5	2000	1230	2100	425	450	575	250	3020	2080	1295
RCS 10	2600	1550	2700	425	450	575	350	3610	2450	1465
RCS 15	3000	1820	3100	550	600	700	400	3990	2840	1755
RCS 20	3250	2050	3350	550	600	700	450	4610	3060	1765
RCS 30	3700	2300	3800	650	700	800	600	5375	3440	2070
RCS 40	4100	2360	4250	650	700	850	700	5780	3850	2370
RCS 50	4500	2615	4650	675	750	875	750	6100	4190	2495
RCS 70	5000	2950	5150	900	1000	1100	800	6690	4615	2830
RCS 100	5600	3300	5800	950	1100	1150	900	7510	5210	3355
RCS 130	6100	3600	6300	1150	1300	1400	1000	8250	5650	3515
RCS 160	6500	3850	6700	1150	1300	1400	1100	8925	6125	3995
RCS 200	7000	4100	7200	1350	1500	1400	1200	9375	6575	4300

### Dimensiones de celda transmisión caja de engranajes

	∅A*	B	C	D	E	F	G	H	I	J
RCS 100	5600	3300	5800	950	1100	1150	900	6510	5210	3355
RCS 130	6100	3600	6300	1150	1300	1400	1000	6875	5650	3515
RCS 160	6500	3850	6700	1150	1300	1400	1100	7495	6125	3995
RCS 200	7000	4100	7200	1350	1500	1400	1200	8050	6575	4300

\* Todas las dimensiones en mm

A = Diámetro de estanque





Transmisión correa en V



Transmisión caja de engranajes



### Especificaciones

		Volumen de celda <sup>(1)</sup>		Motor conectado <sup>(2)</sup>		Requisitos de aire <sup>(2)</sup>			
		m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	kW	hp	m <sup>3</sup> /min	kPag	Acfm	psig
RCS	0,8	0,8	28	5,5	7,5	1	11	35	1,6
RCS	3	3	105	11	15	2	17	70	2,5
RCS	5	5	175	15	20	3	19	110	2,8
RCS	10	10	355	22	30	4	22	140	3,2
RCS	15	15	530	30	40	6	25	210	3,6
RCS	20	20	705	37	50	7	27	250	3,9
RCS	30	30	1060	45	60	9	31	320	4,5
RCS	40	40	1410	55	75	10	34	350	4,9
RCS	50	50	1765	75	100	12	38	420	5,5
RCS	70	70	2470	90	125	15	41	530	5,9
RCS	100	100	3530	110	150	19	47	670	6,8
RCS	130	130	4590	132	200	23	51	810	7,4
RCS	160	160	5650	160	200	25	55	880	8,0
RCS	200	200	7060	200	250	30	59	1060	8,6

(1) Volumen efectivo (2) Por celda, bdo 1.35 S.G.

- **Metso Minerals (Sweden) AB**  
Norråmsgatan 2, SE-733 38 Sala, Sweden, Phone: +46 224 571 00, Fax: +46 224 169 50
- **Metso Minerals Industries, Inc.**  
2715 Pleasant Valley Road, York, PA 17402, USA, Phone: +1 717 843 8671
- **Metso Minerals (South Africa) (Pty) Ltd.**  
Private Bag X2006, Isando, Johannesburg, 1600, South Africa, Phone: +27 11 961 4000, Fax: +27 11 397 2050
- **Metso Minerals (Australia) Ltd.**  
Level 2, 1110 Hay Street, West Perth, WA 6005, Australia, Phone: +61 8 9420 5555, Fax: +61 8 9320 2500
- **Metso Minerals (India) Pvt Ltd**  
1th floor, DLF Building No. 10, Tower A, DLF Cyber City, Phase - III, Gurgaon - 122 002, India, Phone: +91 124 235 1541, Fax: +91 124 235 1601
- **Metso Perú S.A.**  
Calle 5 Nro. 144, Urb. Industrial Vulcano, Ate, Lima 03, Peru, Phone: +51 1 313 4366, Fax: +51 1 349 0913
- **Metso Minerals (Chile) S.A.**  
Av. Los Conquistadores 2758, Piso 3, Providencia, Santiago, Chile, Phone: +56 2 370 2000, Fax: +56 2 370 2039
- **Metso Brasil Indústria e Comércio Ltda.**  
Av. Independência, 2500 Éden, 18087-101 Sorocaba-SP - Brazil, Phone: +55 15 2102 1300



www.metso.com  
E-mail: minerals.info@metso.com

Metso Corporation, Fabianinkatu 9 A, P.O. Box 1220, FI-00101 Helsinki, Finland, tel. +358 20 484 100, fax +358 20 484 101, www.metso.com

Subject to alteration without prior notice

Brochure No. 1011-09-11-58L/Sala-Spanish

© 2012 Metso Minerals

Printed in Sweden

# NDP-80 Specifications

## Port Dimensions (215 GPM Max.)

Intake & discharge connection:

Polypropylene (PPG)	3" ANSI B16.5 #150
Aluminum (ADC-12)	3" ANSI B16.5 #150 (with tapped 3" Female NPT)
Stainless Steel (316)	3" ANSI B16.5 #150 or 3" Female NPT
Cast Iron	3" Female NPT
Air inlet (incl. ball valve):	3/4" Female NPT
Air exhaust (incl. silencer):	1" Female NPT

## Maximum Liquid Temperature\*

Diaphragm Material	Temperature
Neoprene	180°F (82°C)
Buna N	180°F (82°C)
EPDM	212°F (100°C)
Hytre <sup>®</sup> (TPC-ET)	248°F (120°C)
Santoprene <sup>®</sup> (TPE)	212°F (100°C)
Viton <sup>®</sup> fluoroelastomer	248°F (120°C)
Teflon <sup>®</sup> (PTFE)	212°F (100°C)

\*The maximum liquid temperature for metal pumps is determined by the elastomer (diaphragm material). Polypropylene pumps have a maximum liquid temperature of 180°F (82°C) regardless of diaphragm material.

## Air Supply Pressure (All Models)

20–100 PSI (1.4–7 kfg/cm)

## Discharge Volume Per Cycle

Rubber diaphragm: 2.26 gallons (8.57 liters)

PTFE diaphragm: 1.0 gallons (3.8 liters)

## Maximum Cycles Per Minute

Rubber diaphragm: 95

PTFE diaphragm: 160

## Maximum Size Solid

13/32" (10 mm)

## Maximum Dry Suction Lift

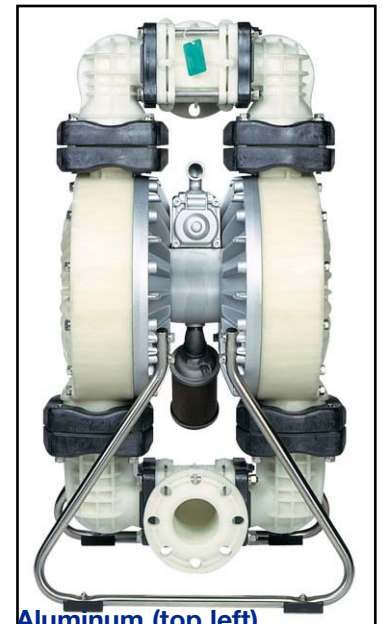
Rubber-fitted pump capability: 19-feet

## Aluminum Air Motor – Standard

Optional: Epoxy-coated, Teflon<sup>®</sup>-coated, or Electroless Nickel Plate

Notes: Hytre<sup>®</sup>-fitted pumps include Buna N check balls & wetted o-rings. Santoprene<sup>®</sup>-fitted pumps include EPDM check balls & wetted o-rings.

AutoCAD<sup>®</sup> drawings are available on CDROM or at [yamadapump.com](http://yamadapump.com)



**Aluminum (top left)**

**Dimensions:** 20.43" W x 40.75" H

**Net Wt.:** 151 lbs. (68.5 kg)

**Shipping Wt.:** 165 lbs.

**Polypropylene (top right)**

**Dimensions:** 22.83" W x 41.10" H

**Net Wt.:** 162 lbs. (73.5 kg)

**Shipping Wt.:** 177 lbs.

**Cast Iron or Stainless Steel (left)**

**Dimensions:** 20.54" W x 38.74" H

**Net Wt.:** Cast Iron–271 lbs. (122.9 kg)

SS –244 lbs. (110.7 kg)

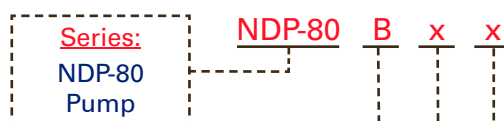
**Shipping Wt.:** Cast Iron–277 lbs.

SS –263 lbs.



Note: ANSI Flange available for Stainless Steel

## Model Number Nomenclature



### Valve Type:

B = Ball

### Body Material:

P = Polypropylene

A = Aluminum

S = Stainless Steel

F = Cast Iron

### Diaphragm Material:

C = Neoprene (CR)

N = Buna N (NBR)

E = Nordel™ (EPDM)

S = Santoprene<sup>®</sup> (TPO)

T = Teflon<sup>®</sup> (PTFE)

V = Viton<sup>®</sup> (FKM)

H = Hytre<sup>®</sup> (TPE)

Note: For NPT-fitted Stainless Steel, add "NPT" at end of model number nomenclature.

# Yamada

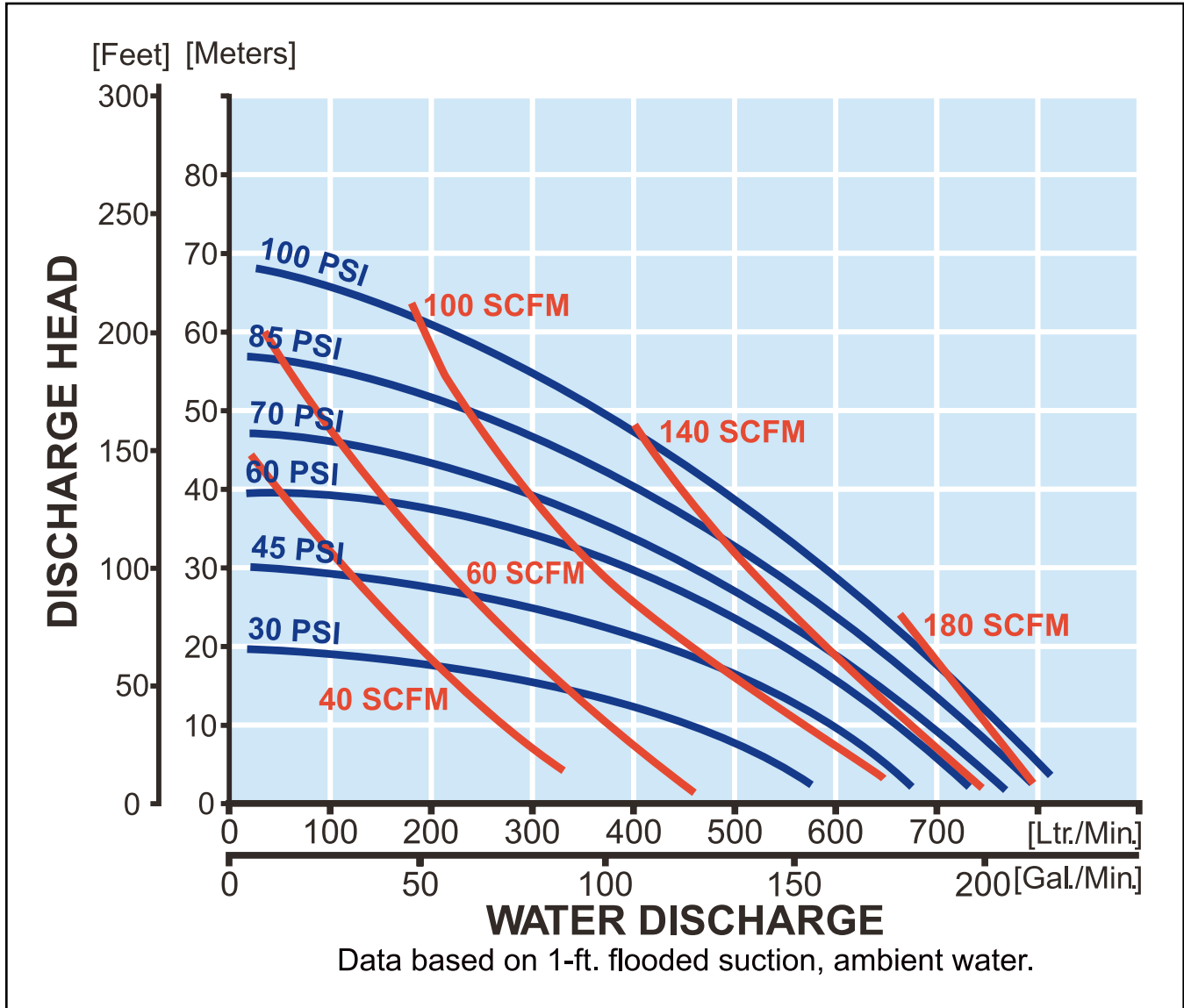
Yamada America, Inc. 955 E. Algonquin Road, Arlington Heights, IL 60005

USA Toll-Free: 800 990-7867 Phone: 847 631-9200 Fax: 847 631-9273

E-mail: [sales@yamadapump.com](mailto:sales@yamadapump.com) Web: [yamadapump.com](http://yamadapump.com)

# NDP-80 Performance Curve — Rubber

## Rubber Diaphragm Performance Curve

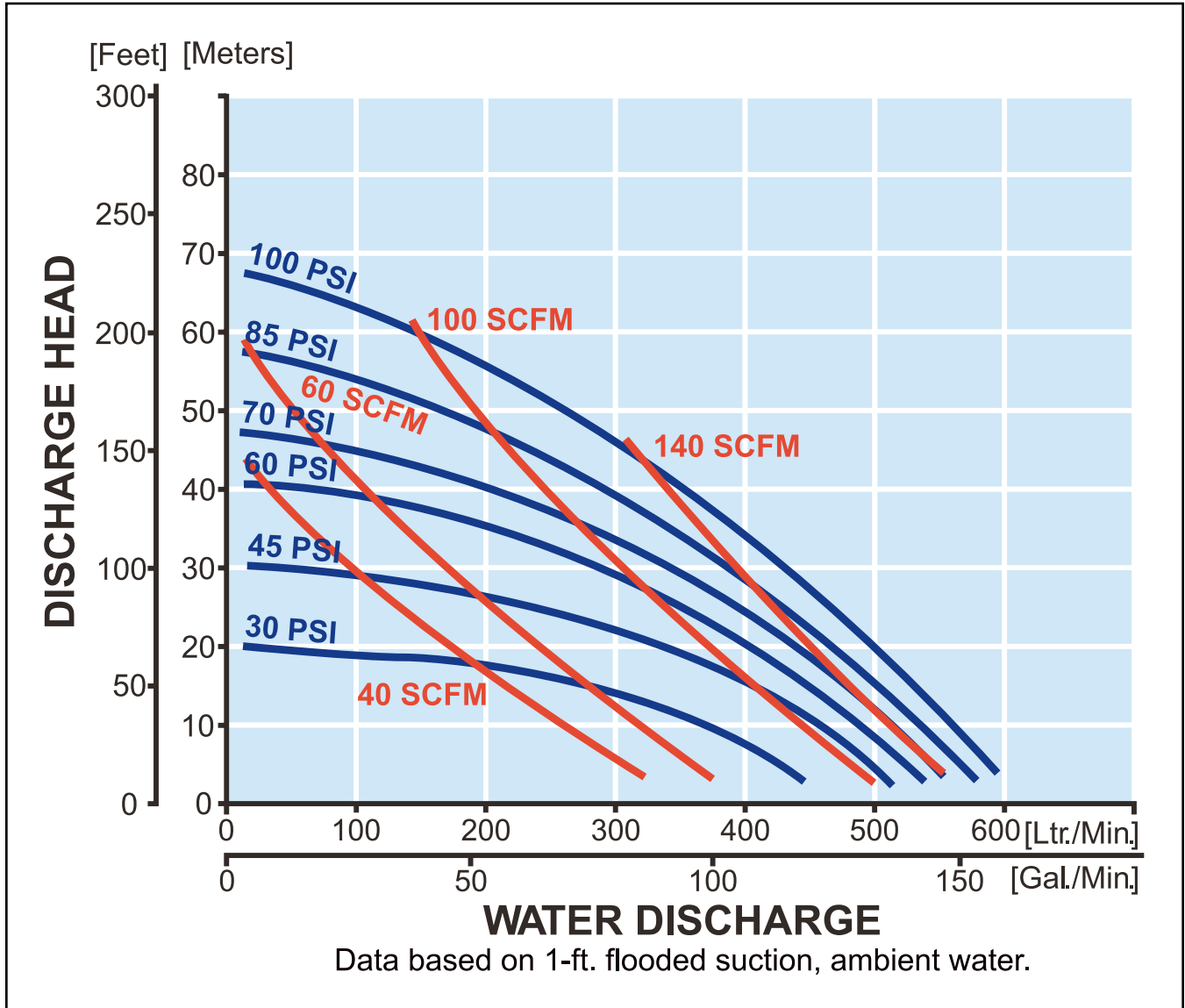


To calculate performance for Santoprene® and Hytrel®-fitted pumps, use Rubber Diaphragm Curve.



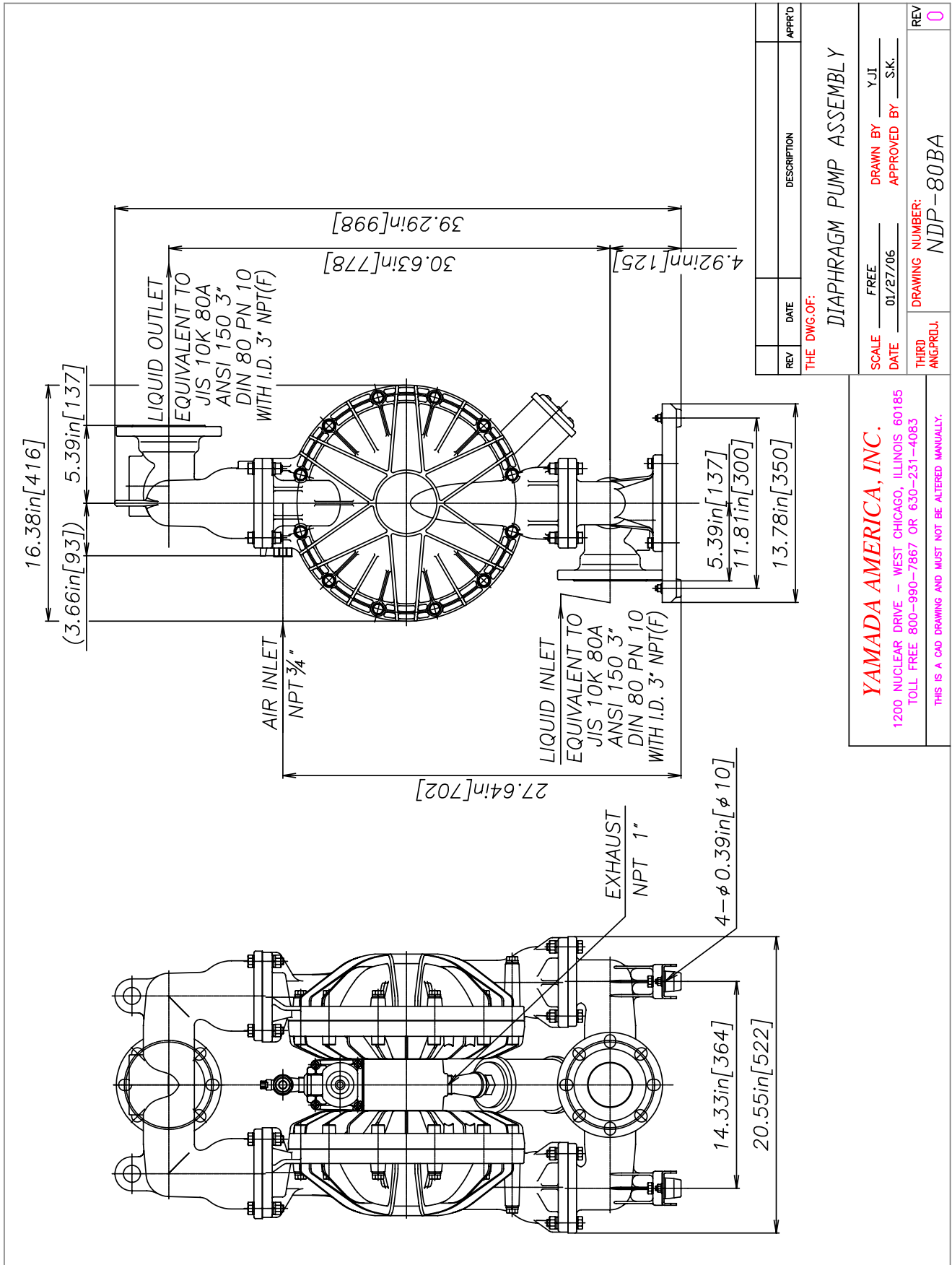
# NDP-80 Performance Curve — PTFE

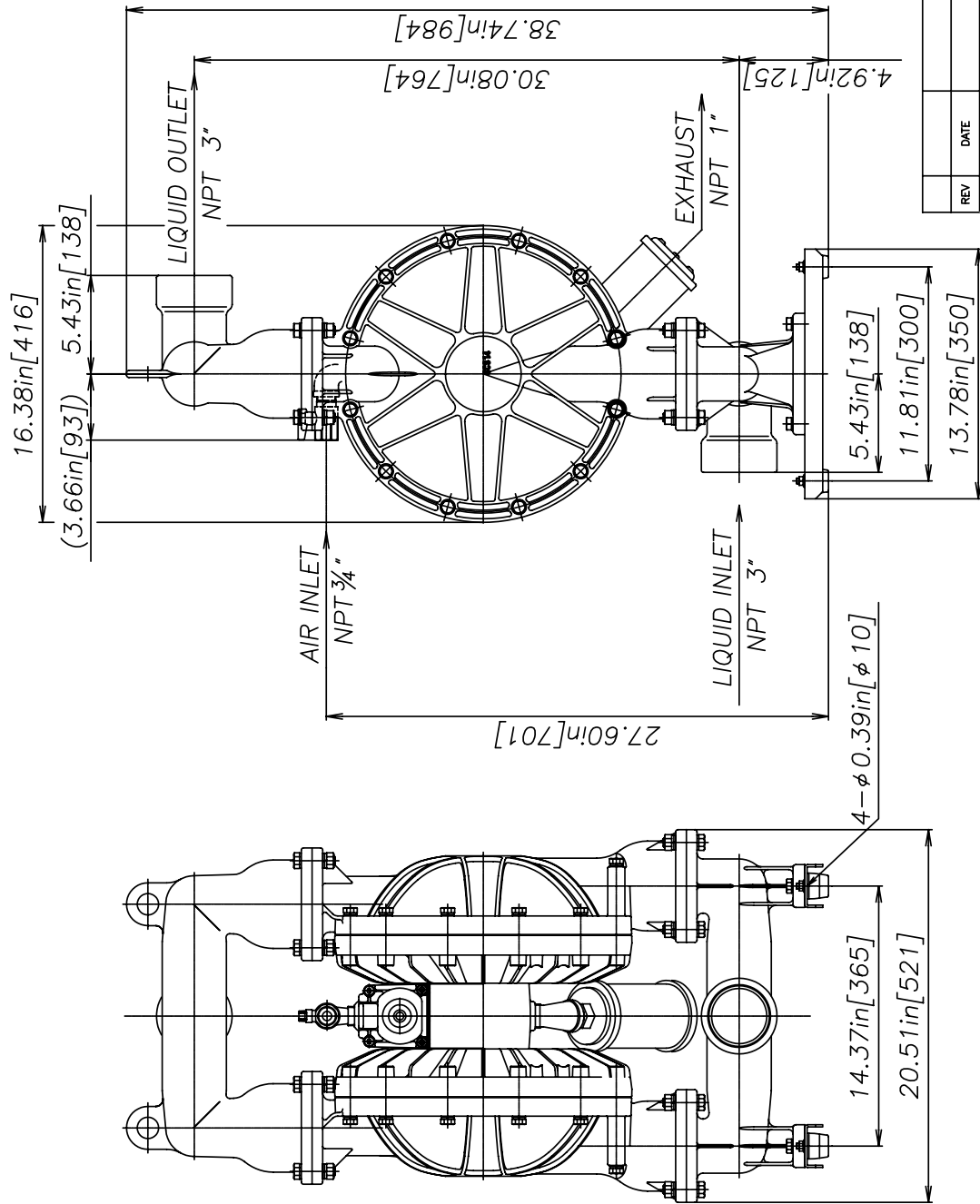
## PTFE Diaphragm Performance Curve



To calculate performance for Santoprene® and Hytrel®-fitted pumps, use Rubber Diaphragm Curve.







REV	DATE	DESCRIPTION	APPR'D

THE DWG.OF:

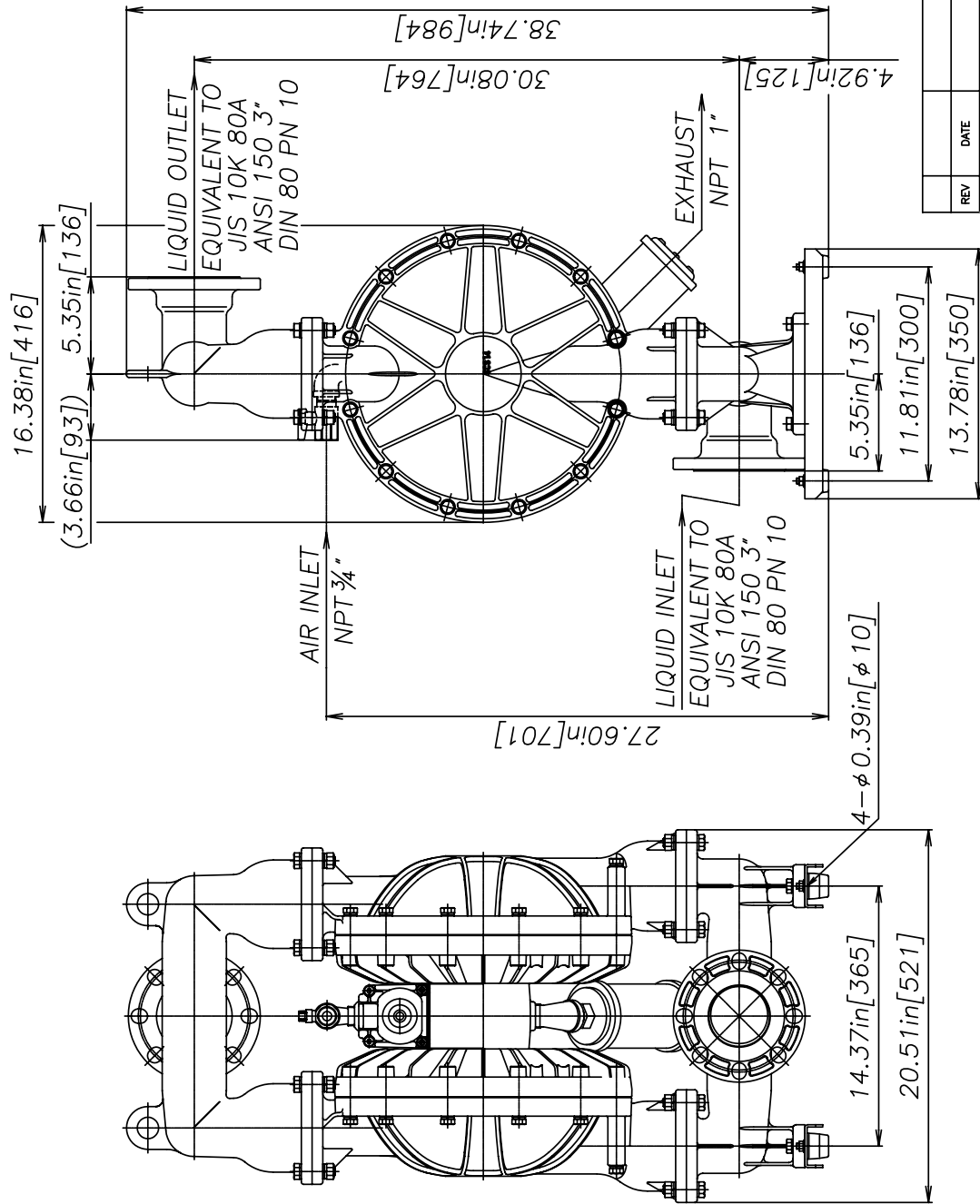
DIAPHRAGM PUMP ASSEMBLY

SCALE 1 : 1  
 DATE 01/30/06  
 DRAWN BY YJJ  
 APPROVED BY S.K.

THIRD ANGLE PROJ.  
 DRAWING NUMBER: NDP-80BS NPT  
 REV 0

**YAMADA AMERICA, INC.**  
 1200 NUCLEAR DRIVE - WEST CHICAGO, ILLINOIS 60185  
 TOLL FREE 800-990-7867 OR 630-231-4083  
 THIS IS A CAD DRAWING AND MUST NOT BE ALTERED MANUALLY.





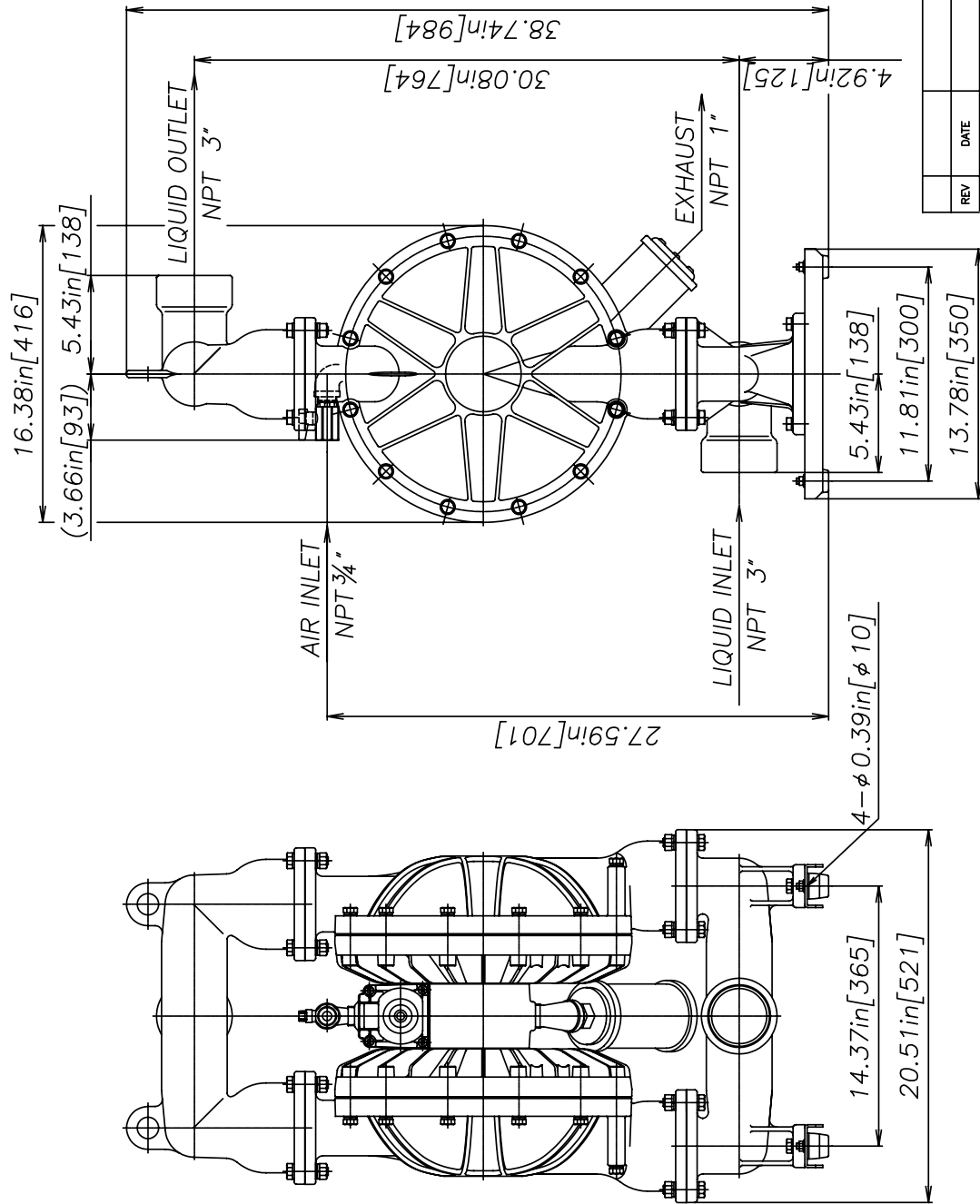
REV	DATE	DESCRIPTION	APPR'D
THE DWG. OF:			
DIAPHRAGM PUMP ASSEMBLY			

SCALE	1 : 1	DRAWN BY	YJL
DATE	01/30/06	APPROVED BY	S.K.
THIRD ANG. PROJ.		DRAWING NUMBER:	NDP-80BS FLANGE 0

**YAMADA AMERICA, INC.**  
 1200 NUCLEAR DRIVE - WEST CHICAGO, ILLINOIS 60185  
 TOLL FREE 800-990-7867 OR 630-231-4083  
 THIS IS A CAD DRAWING AND MUST NOT BE ALTERED MANUALLY.







REV	DATE	DESCRIPTION	APPR'D

THE DWG.OF:

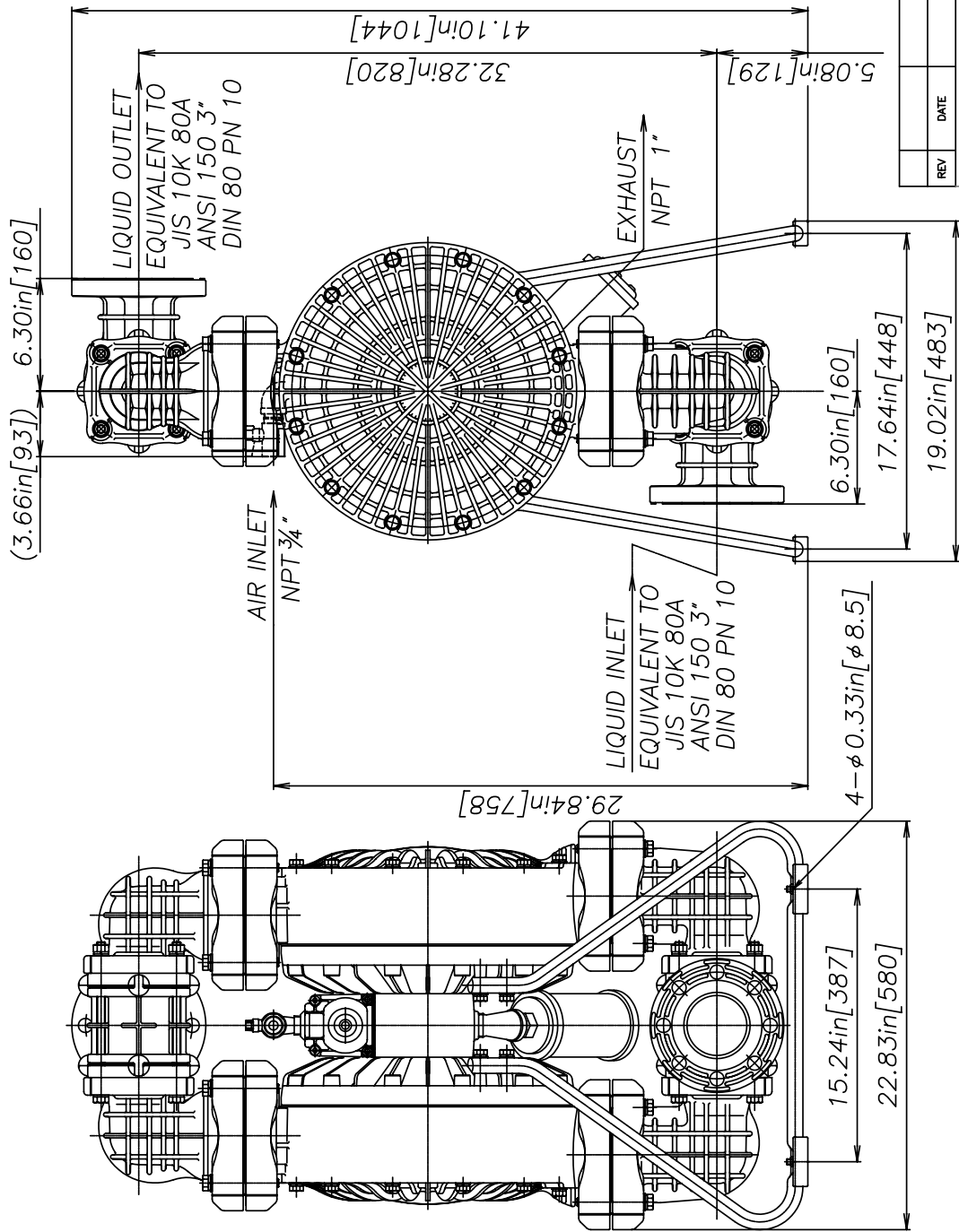
DIAPHRAGM PUMP ASSEMBLY

SCALE 1 : 1  
 DATE 01/30/06  
 DRAWN BY YJJ  
 APPROVED BY S.K.

THIRD ANGLE PROJ.  
 DRAWING NUMBER: NDP-80BF  
 REV 0

**YAMADA AMERICA, INC.**  
 1200 NUCLEAR DRIVE - WEST CHICAGO, ILLINOIS 60185  
 TOLL FREE 800-990-7867 OR 630-231-4083  
 THIS IS A CAD DRAWING AND MUST NOT BE ALTERED MANUALLY.





REV	DATE	DESCRIPTION	APPRD
THE DWG. OF:			
<b>DIAPHRAGM PUMP ASSEMBLY</b>			
SCALE 1 : 1		DRAWN BY YJI	
DATE 01/30/06		APPROVED BY S.K.	
THIRD ANG. PROJ.	DRAWING NUMBER: NDP-80BP		REV 0

**YAMADA AMERICA, INC.**  
 1200 NUCLEAR DRIVE - WEST CHICAGO, ILLINOIS 60185  
 TOLL FREE 800-990-7867 OR 630-231-4083  
 THIS IS A CAD DRAWING AND MUST NOT BE ALTERED MANUALLY.



AutoCAD® is a registered trademark of Autodesk, Inc.

Hytrel® is a registered trademark of E.I. du Pont de Nemours and Company.

Kynar® is a registered trademark of Arkema.

Nordel™ is a trademark of DuPont Dow Elastomers.

Ryton® is a registered trademark of Chevron Phillips Chemical Company.

Santoprene® is a registered trademark of Advanced Elastomer Systems.

Swagelok® & VCR® are trademarks of the Swagelok Companies.

Teflon® is a registered trademark of E.I. du Pont de Nemours and Company.

Viton® is a registered trademark of DuPont Performance Elastomers.

Due to Yamada's continued commitment to product improvement, specifications may change without notice.



## DIMENSIONAMIENTO DE HIDROCICLONES

Son ampliamente utilizados en circuitos de molienda para hacer clasificación de partículas, el rango de aplicación de los ciclones esta entre 40 a 400 micrones, sus aplicaciones son muy pocas en tamaños muy finos como 5 micras y tan gruesos como 1000. Posibles de usar ventajosamente en circuitos de molienda primaria, secundaria y remolienda; Un ciclón estándar se define como aquel en que existen adecuada relación geométrica entre el diámetro del vortex, orificio de ápex y que tenga la longitud suficiente que permita un adecuado tiempo de retención para una aceptable clasificación de las partículas, pero el parámetro mas importante es el diámetro del ciclón, que es el diámetro interno de la cámara cilíndrica que recibe la alimentación y el segundo parámetro mas importante es el área del tubo de ingreso, generalmente es un orificio rectangular con la dirección mayor paralela al eje del ciclón, se recomienda que sea 0.05 veces el diámetro del ciclón al cuadrado, otro parámetro es el VORTEX, por donde se descargan las partículas FINAS. Es sabido que la principal función de este tubo de Vortex es el control de la separación y el flujo que ingresa al ciclón. El tubo de Vortex debe tener una extensión hasta debajo del tubo de entrada para evitar el "Cortocircuito" de material directamente hacia el reboso, se recomienda sea 0.35 veces el diámetro del ciclón.

### 11.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE CICLONES

En diseño de circuitos de molienda – clasificación, el objetivo es producir un reboso que tenga cierta característica granulométrica, generalmente referida a las malla +65 y 200

Krebs Engineering propone una relación empírica para la distribución de tamaños en el reboso con el D50c. A continuación se muestra en la siguiente tabla.

%PASSING en el reboso de un tamaño determinado	Factor
98.8	0.54
95.0	0.73
90.0	0.91
80.0	1.25
70.0	1.67
60.0	2.08
50.0	2.78

## Dimensionamiento de Hidrociclones

La relación indicada en la tabla anterior es para sistemas típicos de molienda en distribuciones de tamaños promedio y puede variar ligeramente con las características particulares de cada MENA.

La separación en el ciclón queda definida por la siguiente ecuación de corte:

$$D_{50c}(\text{aplicacion}) = D_{50c}(\text{base}) \times C_1 \times C_2 \times C_3$$

El  $D_{50}$  (base) es el tamaño en micrones que un ciclón estándar puede alcanzar operando bajo condiciones base y se estima en la siguiente relación:

$$D_{50c}(\text{base}) = 2.84 D^{0.66}$$

Donde: D es el diámetro del ciclón en cm.

Los factores de corrección del  $D_{50}$  (base),  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  tienen el siguiente criterio:

$C_1$ : Se debe a la influencia de concentración de sólidos contenidos en la pulpa alimentada y queda definida por la siguiente relación:

$$C_1 = \frac{53}{(53 - V)^{-1.43}}$$

Donde: V = % de sólidos en volumen del alimento al ciclón.

$C_2$ : Se debe a la caída de presión entre presiones de la alimentación y el reboso. La caída de presión es una medida de la energía utilizada en el ciclón para almacenar la separación. Se recomienda que esta caída sea entre 40 a 70 KPa (5 a 10 psi). Queda definida por la siguiente relación:

$$C_2 = 3.27 P^{-0.28}$$

Donde:

P: es la caída de presión en KPa.

Se deduce de una alta caída de presión tendrá como resultado una separación fina y una baja caída de presión debe conducir a una separación gruesa.

$C_3$ : Se debe al efecto de la gravedad específica de sólidos y líquidos. Tiene mayor influencia cuando la diferencia de peso específico entre valioso y ganga es fuerte, en cuyo caso conduce a deducir que la

70

info.doeperru@FLSmith.com

## Dimensionamiento de Hidrociclones

liberación del valioso será en fracciones de separación relativamente mas gruesas. Queda definida del siguiente modo:

$$C_3 = \frac{(1.65)^{0.5}}{G_s - G_L}$$

Donde:

$G_s$ : Gravedad específica del sólido.

$G_L$ : Gravedad específica del líquido (normalmente 1.0)

### 11.2 TAMAÑO DE CORTE en un HIDROCICLÓN-CURVA TROMP

#### FÓRMULAS A UTILIZAR:

$$E_D(x) = \left( \frac{f_D(x)D}{f_F(x)F} \right) \times 100$$

$$E_R(x) = \left( \frac{f_R(x)R}{f_F(x)F} \right) \times 100$$

$$E_D(x)_c = \left( \frac{E_D(x)}{1 - \rho} \right) \times 100$$

Donde:

$E_D(x)$ : Eficiencia de descarga.

$E_R(x)$ : Eficiencia del reboso.

$E_D(x)_c$ : Eficiencia de la descarga corregida.

$\rho = \frac{E_F(x)_R f_R(x)_D}{E_F(x)_D f_D(x)_R}$ : Porcentaje en peso retenido del alimento, reboso y descarga respectivamente.

$\rho$  = Cortocircuito

$$\rho = \frac{H_2O_D}{H_2O_F}$$

$$\rho = \frac{\left( \frac{100 - X_D}{X_D} \right) D}{\left( \frac{100 - X_F}{X_F} \right) F}$$

$$\rho = 1 - \frac{H_2O_R}{H_2O_F}$$

Donde:

info.doeperru@FLSmith.com

71

## DIMENSIONAMIENTO DEL MOLINO DE BARRAS Y BOLAS

Se fundamenta en la tercera teoría de Fred C. Bond.

$$W = W_i \left[ \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{f_{80}}} \right]$$

Donde:

$W$  : Km.-h/Tc o energía consumida por tonelada corta molida.

$W_i$  : Índice de trabajo en el molino especificado por Bond adosado con un wainmetro que indica las partículas producidas a malla determinada en carga circulante de 250%

$F_{80}$  : Tamaño en micrones que pasa el 80% de la alimentación y el producto de molienda respectivamente.

Las consideraciones establecidas por Bond son:

- (1) Molienda en húmedo.
- (2) Molienda en descarga por rebose.
- (3) Diámetro del molino 8'.
- (4) Que el sistema trabaje en circuito cerrado.

El  $W_i$  estimado en laboratorio se denomina  $W_i$  (base) el cual debe ser corregido por factores tales como: Molienda en seco o húmedo, diámetro del molino, granulometría de alimentación, radio de reducción, uniformidad en la alimentación, etc. Por tanto se debe corregir de acuerdo a la siguiente relación:

$$W_i(\text{corregido}) = W_i(\text{base}) \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \dots F_i$$

Donde  $F_i$  son los factores de corrección por condiciones operativas.

### 13.1 FACTORES DE CORRECCIÓN DEL WORK INDEX:

**F<sub>1</sub>:** Se considera que moler en seco requiere 30% más de energía que moler en húmedo, por lo tanto  $F_1 = 1.3$  para molienda en seco, si la molienda fuere en húmedo **se considera la unidad.**

**F<sub>2</sub>:** Dependiente del grado de control sobre el producto logrado. Este factor sólo se aplica en circuito abierto y cuando es molino de bolas, se proporciona la siguiente tabla:

% Pasante del producto en malla	F2
200	
50	1.035
60	1.050
70	1.100
80	1.200
90	1.400
92	1.460
95	1.570
98	1.700

**F<sub>3</sub>:** Factor de corrección por diámetro de molino, considerando que la eficiencia de molienda es proporcional al diámetro del molino. Si el diámetro es 8 pies el factor es 1, en caso contrario se aplica la siguiente relación:

$$F_3 = \left( \frac{8}{d} \right)^{0.2}$$

Bond ha determinado en su investigación al respecto que si un molino tiene un mayor diámetro mayor a 12.5 pies la eficiencia disminuye; aceptando tal concepto, si el caso fuere tener un molino mayor a 12.5 pies el factor es constante e igual a  $F_3=0.9146$ .

**F<sub>4</sub>:** Existe cierto valor  $F_o$  óptimo de granulometría en alimentación a molienda. Si la alimentación tiene un  $F_{80}$  mayor que este  $F_o$  debe corregirse por este factor  $F_4$  del siguiente modo para los 2 casos respectivamente:

• **Molino de barras:**

**Dimensionamiento del Molino de Barras y Bolas**

$$F_0 = 16000 \left( \frac{13}{W_i} \right)^{0.5}$$

$F_0$  En micrones

$W_i$  Es el indice de trabajo base en Kw-h/TC.

Luego el factor se calcula por la siguiente relación:

$$F_4 = \frac{R_r + (W_i - 7) \left( \frac{F_{80} - F_0}{F_0} \right)}{4 R_r}$$

Donde  $R_r$  es el ratio  $\frac{F_{80}}{P_{80}}$  (reducción al 80%)



El factor de corrección siguiente es:

$$F_4 = \frac{R_r - (W_i - 7) \left( \frac{F_{80} - F_0}{F_0} \right)}{R_r}$$

$F_5$ : Corrección por sobre mollienda de finos, se sabe que s proporcional al radio de reducción ( $R_r$ ). Se aplica cuando se quiere lograr un producto mas fino que el 80% -m200 y se usa este factor solo en mollienda en molino de bolas. Este factor es:

$$F_5 = \frac{P_{80} + 10.3}{11.45 \times P_{80}}$$

$F_6$ : Factor de corrección por radios de reducción demasiados altos o muy bajos. Se aplica según la mollienda sea en molino de bolas o barras:

info.doeperu@FLSmidth.com

**Dimensionamiento del Molino de Barras y Bolas**

• **Molino de Barras:**

$$F_6 = \frac{R_r - R_{r_0}}{150} + 1$$

Donde:

$R_r$  : Radio de reducción al 80%; F80/P80

$R_{r_0}$  : 8 + 5L/D

$L_r$  : Longitud de barras en pies.

Normalmente  $L_r/D$  es 1.3 a 1.5

• **Molino de bolas:**

Cuando el radio de reducción es menor de 6 el factor a aplicar será:

$$F_6 = \frac{20 (R_r - 1.35) + 2.60}{6}$$



$F_7$ : Es un factor que se refiere al grado e uniformidad en la alimentación a mollienda, este factor solo se considera en el dimensionamiento en molino de barras y depende del sistema de chancado:

$F_7 = 1.4$  (chancado circuito abierto)

$F_7 = 1.2$  (chancado circuito cerrado)

**13.2 POTENCIA ELÉCTRICA Y MECÁNICA REQUERIDA**

Para el efecto se utilizara la relación conocida y sencilla:

$$P_m = W \times C$$

$$P_m = 1.341 \times P_m$$

Donde:

$P_m$  : Potencia mecánica en kilo-watt

$W$  : Consumo energético en mollienda en kw-hora/TC

info.doeperu@FLSmidth.com

### Dimensionamiento del Molino de Barras y Bolas

$C$  : Capacidad de mollienda en TC/hora  
 $P_m$  : Potencia mecánica expresada en Hp

Luego la potencia eléctrica a instalar será:

$$P_e = \frac{P_m \times 100}{\eta}$$

Donde  $\eta$ : eficiencia del motor eléctrica

### 13.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL MOLINO

Según sea de barras o bolas se usan las siguientes relaciones:

#### ❖ Molino de barras:

$$D = \frac{3.5 \sqrt{P_e \times Hp}}{K_r \times V_p^{0.555} \times C_s^{1.505} \times L/D}$$

Donde:

- $K_r$  = Constante de proporcionalidad
- $V_p$  = Volumen de Molino cargado con barras sugerido en 30% a 40%
- $C_s$  = Fracción de la velocidad crítica, entre 60% a 70% de la misma
- $L/D$  = Relación longitud a diámetro en el molino.
- $K_r$  = Depende del tipo de molino y tienen los siguientes valores según sea el caso:

TIPO DE MOLINO	$K_r$
Descarga por Rebalse en húmedo.	$3.590 \times 10^{-5}$
Descarga periférica central Mollienda en húmedo.	$4.037 \times 10^{-5}$
Descarga periférica extremo final Mollienda en seco.	$4.487 \times 10^{-5}$

### Dimensionamiento del Molino de Barras y Bolas

#### ❖ Molino de bolas:

$$D = \frac{3.5 \sqrt{P_e \times Hp}}{K_b \times V_p^{0.461} \times C_s^{1.505} \times L/D}$$

En la relación anterior todos los factores ya fueron identificados en el caso de molino de barras, salvo que  $K_b$  es otra constante de proporcionalidad considerando el siguiente cuadro (depende del tipo de descarga y mollienda)

TIPO DE MOLINO	$K_b$
Descarga por Rebalse en húmedo.	$4.365 \times 10^{-5}$
Descarga periférica central Mollienda en húmedo.	$4.912 \times 10^{-5}$
Descarga periférica extremo final Mollienda en seco.	$5.426 \times 10^{-5}$