

ANEXOS

Anexo A: Deformación transversal por flexión y torsional.

El análisis de deformación transversal sirve para comprobar que el árbol diseñado no posea valores de deformación que sobrepasen valores admisibles. Se utilizara el software de simulación MDSolids, que determina la deformación en el árbol. Sin embargo, como el valor del diámetro variara de acuerdo a la zona que se realice el análisis se debe determinar el valor de la inercia en cada sección analizada y también el valor de la deformación elástica. En la Fig.A.A.1, se muestra la deformación lineal a lo largo de los árboles; las secciones a analizar serán las que se muestran en la Fig. 3.16, las cuales son las secciones críticas: apoyos de rodamientos y máxima flexión en el árbol hueco.

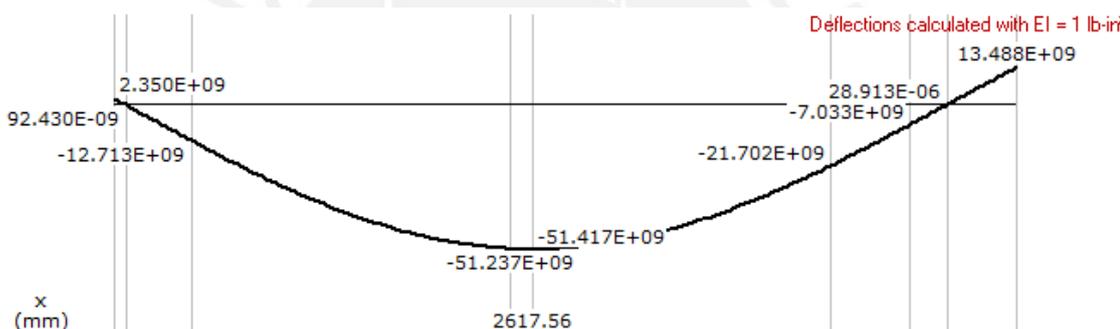


Fig.A.A.1: Deformación lineal. (mm x lb·in²)

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} \quad (\text{A.B.1})$$

$$I = \frac{\pi * (d_{ext}^4 - d_{int}^4)}{64} \quad (\text{A.B.2})$$

$$\delta = \frac{X}{EI * 347} \quad (\text{A.B.3})$$

De los valores obtenidos de la simulación en el software y usando las ecuaciones A.A.1, A.A.2 y A.A.3 se determina la deformación lineal en los árboles. En la Tabla A.A.1, se observan los valores de deformación y se comprueba que no hay fallo por deformación. Para árboles en general se tiene la consideración de que la deformación lineal no debe

ser mayor a 0.5 mm/m, donde la longitud en metros es la distancia entre apoyos, en este caso el valor es de 5.14 m.

$$\delta_{adm} = 0.5 \frac{mm}{m} * 5.14 m = 2.57 mm$$

Los valores obtenidos en la Tabla A.A.1, cumplen con el requerimiento.

Tabla A.A.1 Resultados de la deformación lineal en las secciones

Nombre	Variable	Unidades	A	B	C*	Ecuación usada
Deformación lineal obtenido de simulación	X	mm x lb.in ²	1.6x10 ⁷	1.9x10 ⁻⁷	5.1x10 ¹⁰	-
Diámetro en la sección	D	m	0.125	0.1	Ext=0.79 Int=0.69	-
Momento de inercia	I	m ⁴	1.2x10 ⁵	4.9x10 ⁶	7.9x10 ⁻³	A.B.4 y *A.B.2
Módulo de elasticidad	E	N/m ²	2.1x10 ¹¹	2.1x10 ¹¹	2.1x10 ¹¹	-
Deformación lineal	Δ	mm	1.9x10 ⁻¹⁶	5.3x10 ⁻¹⁴	0.087	A.B.3

Además, de verificar que se cumpla la deformación transversal se debe de verificar que se cumpla con la deformación torsional, para esto se evaluarán los dos árboles sometidos a torsión: el árbol hueco y el árbol macizo superior. En la Fig.3.15 se observa el comportamiento del torsor a lo largo de los árboles.

La deformación torsional para árboles de transmisión de potencia debe cumplir con la ecuación A.A.5:

$$\frac{\varphi}{L} \leq \left(\frac{\varphi}{L}\right)_{adm} = \frac{(0.25 \text{ a } 0.5)^\circ}{m \text{ de longitud}} \quad (\text{A.A.5})$$

$$\frac{\varphi}{L} = \frac{M_t}{G * J} \quad (\text{A.A.6})$$

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \nu)} \quad (\text{A.A.7})$$

Para el árbol hueco:

$$J = \frac{\pi}{32} (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad (\text{A.A.8})$$

Para el árbol macizo:

$$J = \frac{\pi}{32} (d^4) \quad (\text{A.A.9})$$

Tabla A.A.2 Resultados de la deformación torsional

Nombre	Variable	Unidades	Árbol hueco	Árbol macizo	Ecuación usada
Momento torsor	M_t	N.m	5213	5213	-
Diámetro en la sección	d	M	Ext=0.79 Int=0.69	0.79	-
Módulo de Young	E	N/m ²	2.1x10 ¹¹	2.1x10 ¹¹	-
Coefficiente de Poisson	ν	-	0.2	0.2	-
Módulo de elasticidad transversal	G	N/m ²	8.75x10 ¹⁰	8.75x10 ¹⁰	A.A.7
Momento de inercia polar	J	m ⁴	1.59x10 ⁻²	9.8x10 ⁻⁶	A.A.8-9
Deformación torsional por metro de longitud	φ	Rad	3.74x10 ⁻⁶	6.07x10 ⁻³	A.A.6
Deformación torsional por metro de longitud	φ	°/m	2.14x10 ⁻⁴	0.34	-

Los valores cumplen con el valor permisible de 0.5° /metro de longitud, por lo tanto no hay fallo por deformación torsional.



Anexo B: Información para selección de rodamientos.

Clase de máquinas	Vida nominal
	Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico	300 ... 3.000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo: máquinas-herramientas eléctricas portátiles, equipos elevadores para talleres, maquinaria para la construcción	3.000 ... 8.000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo cuando es necesaria una gran fiabilidad: ascensores, grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8.000 ... 12.000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, pero no siempre utilizadas: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradores giratorios	10.000 ... 25.000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizadas en todo momento: máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprenta, separadores y centrifugas	20.000 ... 30.000
Máquinas para trabajo continuo 24 horas al día: unidades de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40.000 ... 50.000
Maquinaria para la energía eólica, incluyendo los rodamientos del eje principal, de guiñada, de la caja de engranajes en ángulo, rodamientos del generador	30.000 ... 100.000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos	60.000 ... 100.000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de Trasatlánticos	> 100.000

Fig.A.B.1: Vida nominal recomendada para la selección de rodamientos según su aplicación.

(Paulsen, Elementos de máquinas 1, 2013, pág. 4)

Características del rodamiento 22328-2CS5K/VT143



Spherical roller bearings, cylindrical and tapered bore

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	Limiting speed	Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed r/min		
mm	300	102	kN			430	
140			1359	1560	-		22328-2CS5K/VT143 *

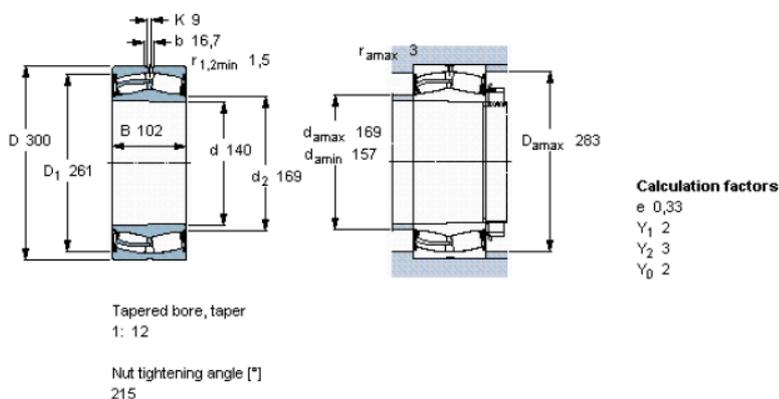


Fig.A.B.2: Rodamiento 22328-2CS5K/VT143.
(SKF, s/f)

Cálculo de vida del rodamiento 22328-2CS5K/VT143 con aplicativo SKF

Result

L_{10mh} SKF rating life	198500 hour
a_{SKF} SKF life modification factor a_{SKF}	1.11
κ Viscosity ratio	2.32
P Equivalent dynamic bearing load	193.55 kN
η_c Factor for contamination level	0.22
ν_1 Required kinematic viscosity for $\kappa=1$	86.1 mm ² /s
L_{10h} Basic rating life	178200 hour
C/P Load ratio	7

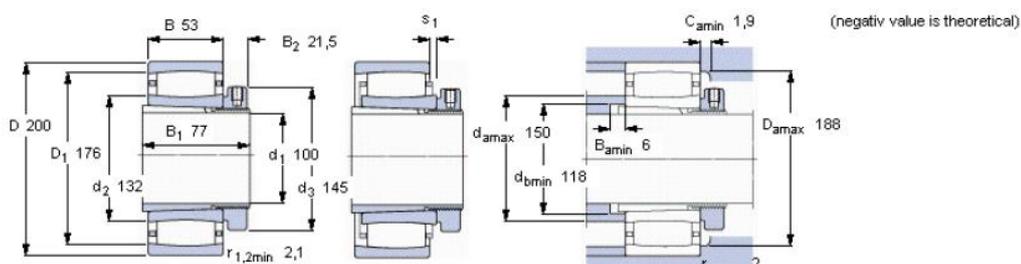
Fig.A.B.3: Resultado de vida del rodamiento 22328-2CS5K/VT143.
(SKF, s/f)

Características del rodamiento C 2222 K + H 322 E*



CARB toroidal roller bearings, on an adapter sleeve

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings		Designation	
d1	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed	Limiting speed	Bearing + adapter sleeve	
mm			kN		r/min		* SKF Explorer bearing ** Check availability	
100	200	53	530	620	3200	4300	C 2222 K + H 322 E *	



Axial displacement s_1	11,1
Misalignment factor k_1	0,113
Operating clearance factor k_2	0,103

Fig.A.B.4: Rodamiento C 2222 K.

(SKF, s/f)

Cálculo de vida del rodamiento C 2222 K con aplicativo SKF

Result

L_{10mh} SKF rating life	422700 hour
a_{SKF} SKF life modification factor a_{SKF}	0.17
κ Viscosity ratio	0.52
P Equivalent dynamic bearing load	34.3 kN
η_c Factor for contamination level	0.02
v_1 Required kinematic viscosity for $\kappa=1$	103.8 mm ² /s
L_{10h} Basic rating life	>1000000 hour
C/P Load ratio	15.5

Fig.A.B.5: Resultado de vida del rodamiento C 2222 K.

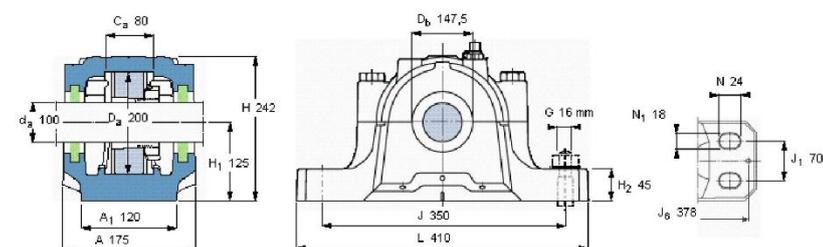
(SKF, s/f)

Características del soporte FSNL 522-619 para el rodamiento C 222 K + H 322 E*



Soportes de pie de dos piezas, Serie SNL para rodamientos montados sobre manguito de fijación con obturaciones estándar

Eje	Rodamientos adecuados (referencia básica)					Designación Soporte
da	Rodamientos de bolas a rótula		Rodamientos de rodillos a rótula		Rodamiento CARB	
mm	-	-	-	-	-	-
100	1222 K	2222 K	22222 K	23222 K	C 2222 K	FSNL 522-619

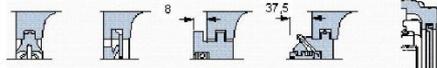


Designaciones del pedido

Soporte solamente FSNL 522-619

Obturaciones

TSN 522 L TSN 522 A 2 x TSN 522 S 2 x TSN 522 ND Tapa lateral ASNH 522-619



Rodamientos y accesorios SKF adecuados

Rodamiento	Manguito de fijación	Anillos de fijación
1222 K	H 222	2 x FRB 21,2/200
-	H 322	2 x FRB 13,5/200
22222 EK	H 322	2 x FRB 13,5/200
23222 CCKW33	H 2322	2 x FRB 5,1/200
C 2222 K	H 322 E	2 x FRB 13,5/200

Tornillos de la tapa

Tamaño [mm] M 20x100

Par de apriete recomendado [Nm] 200

Cargas máx. permisibles [kN]

F_{120°} 260

F_{150°} 150

F_{180°} 130

Tornillos de fijación adecuados

Tamaño [mm] 16

Par de apriete recomendado [Nm] 200

Dimensiones de las fijas

Diámetro (máx.) 8

Distancia central J_b 378

Cargas de rotura, alojamiento [kN]

P₀* 600

P_{0,5}* 680

P₁₀* 410

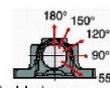
P₁₂₀* 310

P₁₅₀* 275

P₁₈₀* 340

P₂ 220

El límite para P₀ sólo debe tenerse en cuenta cuando el soporte no está apoyado totalmente sobre su base



Cantidad de grasa [kg]

Llenado inicial 0,85

Relubricación 0,07

Fig.A.B.6: Soporte FSNL 522-619.

(SKF, s/f)

Cálculo de carga mínima para el rodamiento C 222 K con aplicativo SKF

Minimum load : C 2222 K + H 322 E

Input parameters

n_i 62 r/min

Rotational speed of the inner ring

Lubrication

Grease

Result

F_{rm} 4.34 kN

Minimum radial load

Fig.A.B.7: Carga mínima rodamiento C 222 K.

(SKF, s/f)

Anexo C: Cálculos previos a de la falla de las uniones atornilladas

Para el Tornillo se deben determinar la constante por tramos (Ecuación A.C.1) y luego la total (A.C.2), los resultados se pueden ver en la Tabla A.C.1. Para determinar la constante de rigidez de la placa se debe considerar que se trata del caso 2 mencionado previamente (Fig.3.23), por lo que se determina la constante de rigidez de un cono, mediante la Ecuación A.C.4, los valores de entrada y resultado se observa en la Tabla A.C.2

$$C_i = \frac{E * A_i}{L_i} \quad (\text{A.C.10})$$

$$\frac{1}{C_t} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad (\text{A.C.11})$$

$$D_{2con} = L_{con} * \frac{2}{\cos(\gamma)} + D_{1con} \quad (\text{A.C.12})$$

$$C_p = \frac{\pi * E * D_{ag} * \tan(\gamma)}{\ln\left(\frac{(D_{2con} - D_{ag}) * (D_{1con} + D_{ag})}{(D_{2con} + D_{ag}) * (D_{1con} - D_{ag})}\right)} \quad (\text{A.C.13})$$

Tabla A.C.1 Cálculo de Constante de rigidez del Tornillo

Tramos	Nombre	Variable	Valor	Unidades	Ecuación usada
Tornillo de cabeza hexagonal	Diámetro nominal del Tornillo	Di	21	mm	ISO 4017
	Area	Ai	346.36	mm ²	pi*Di/4
	Longitud equivalente	Li	10.5	mm	Di/2
	Constante de rigidez	Ci	6927212	N/mm	A.C.1
Tramo roscado fuera de	Diámetro de raíz del Tornillo	Di	11.546	mm	DIN 13 (Perfiles)
	Area	Ai	104.70	mm ²	pi*Di/4

agujero roscado	Longitud	Li	30	mm	L
	Constante de rigidez	Ci	732910.64	N/mm	A.C.1
Unión con agujero roscado	Diámetro nominal del Tornillo	Di	21	mm	ISO 4017
	Area	Ai	346.36	mm ²	pi*Di/4
	Longitud equivalente	Li	6.93	mm	0.33*Di
	Constante de rigidez	Ci	10495775.	N/mm	A.C.1

Tabla A.C.2 Cálculo de Constante de rigidez de la placa

Nombre	Variable	Valor	Unidades	Ecuación usada
Tangente de semi ángulo del cono	Tan(γ)	0.6	-	VDI 2230(*)
Diámetro inicial del cono	D _{1con}	30	mm	ISO 4017
Longitud del cono	L _{con}	30.00	mm	L
Diámetro final del cono	D _{2con}	99.97	mm	A.F.3

(*) Se permite aproximación a este valor según la norma.

$$\phi = \frac{C_t}{C_t + C_p} \quad (\text{A.C.14})$$

$$F_{\text{ext}/t} = \phi * F_{\text{ext}} \quad (\text{A.C.15})$$

$$F_{\text{ext}/p} = (1 - \phi) * F_{\text{ext}} \quad (\text{A.C.16})$$

$$F_{\text{Mmin}} = \frac{F_{ri}}{\mu} \quad (\text{A.C.17})$$

$$\alpha_A = \frac{F_{\text{Mmax}}}{F_{\text{Mmin}}} \quad (\text{A.C.18})$$

$$F_{as} = \delta * \frac{C_t * C_p}{C_t + C_p} \quad (\text{A.C.19})$$

$$F_o = F_{\max/t} = F_{\text{ext}/t} + F_{as} + F_{M\max} \quad (\text{A.C.20})$$

$$T_m = F_o * \frac{d_2}{2} * \tan(\varphi + \rho') + F_o * \frac{d_2}{2} * \mu \quad (\text{A.C.21})$$

$$\sigma = 4 * \frac{F_o}{\pi * d_s^2} \quad (\text{A.C.22})$$

$$\tau = \frac{16 * T_m}{\pi * d_s^3} \quad (\text{A.C.23})$$

$$\sigma_{\text{eq}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} \quad (\text{A.C.24})$$

$$A_c = \frac{\pi * (d^2 - d a g^2)}{4} \quad (\text{A.C.25})$$

$$p = \frac{F_o}{A_c} \quad (\text{A.C.26})$$

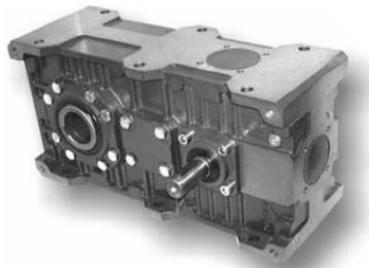
Anexo D: Caja multiplicadora seleccionada



3.6 Dati tecnici

3.6 Technical data

3.6 Technische Daten



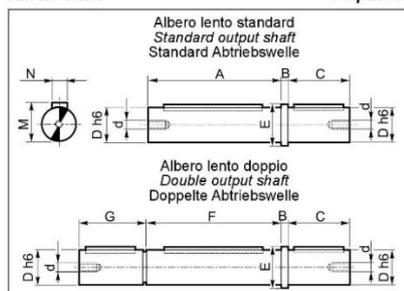
Model	n ₁ = 1400						Z	T _{2M} Nm	P kW
	in	ir	n ₂ rpm	T ₂ Nm	P1 kW	FS'			
80C	63	62.91	22	599	1.5	1.1	680	1.7	
	80	80.08	17	559	1.1	1.3	710	1.4	
	100	105.52	13	736	1.1	1.0	740	1.1	
	125	126.43	11	740	0.9	1.0	80	740	0.90
	160	160.91	9	561	0.55	1.2	680	0.70	
	200	208.11	7	700	0.55	1.0	700	0.55	
	250	249.36	6	585	0.37	1.2	720	0.48	
100B	10	10.20	137	364	5.5	2.9	1050	15.9	
	12.5	12.98	108	462	5.5	2.5	1150	13.7	
	16	15.56	90	554	5.5	2.3	1280	12.7	
	20	20.36	69	723	5.5	2	1420	10.8	
	25	24.40	57	875	5.5	1.6	1420	9.0	
	31.5	31.05	45	1110	5.5	1.2	1290	6.4	
	40	37.21	38	965	4	1.3	1220	5.1	
100C	50	48.12	29	936	3	1.1	1060	3.4	
	63	62.23	22	887	2.2	1.2	1060	2.6	
	50	51.93	27	593	1.8	2.2	1300	4.0	
	63	62.22	23	710	1.8	1.9	1350	3.4	
	80	79.19	18	904	1.8	1.6	1410	2.8	
	100	103.67	14	1184	1.8	1.2	1470	2.2	
	125	124.22	11	1418	1.8	1.0	1480	1.9	
125B	160	158.10	9	1103	1.1	1.2	1360	1.4	
	200	204.46	7	1400	1.1	1.0	1400	1.1	
	250	244.99	6	1399	0.9	1.0	1440	0.9	
	10	10.20	137	608	9.2	3.5	2100	31.8	
	12.5	12.98	108	774	9.2	3.0	2300	27.3	
	16	15.56	90	927	9.2	2.7	2500	24.8	
	20	20.36	69	1214	9.2	2.3	2850	21.6	
125C	25	24.40	57	1455	9.2	2.0	2850	18.0	
	31.5	31.05	45	1851	9.2	1.4	2550	12.7	
	40	37.21	38	2218	9.2	1.1	2350	9.8	
	50	48.12	29	2250	7.5	1.0	2250	7.5	
	63	62.23	22	2218	5.5	1.0	2250	5.6	
	50	51.93	27	1810	5.5	1.5	2650	8.0	
	63	62.22	23	2124	5.5	1.3	2760	7.0	
125C	80	79.19	18	2714	5.5	1.0	2880	5.7	
	100	103.67	14	2631	4	1.1	3000	4.6	
	125	124.22	11	2364	3	1.2	3000	3.8	
	160	158.10	9	2364	3	1.2	3000	3.8	

Z	n ₁ = 1400						ZF		ZA	
	in	ir	n ₂ rpm	T ₂ Nm	P1 kW	FS'	IEC	T _{2M} Nm	P kW	
160B	10	10.20	137	1454	22	2.8		4000	60.5	
	12.5	12.98	108	1851	22	2.4		4500	53.5	
	16	15.56	90	2218	22	2.2		4900	48.6	
	20	20.36	69	2903	22	1.9		5500	41.7	
	25	24.40	57	3479	22	1.6		5500	34.8	
	31.5	31.05	45	4427	22	1.2	90	5200	25.8	
	40	37.21	38	4461	18.5	1.1	100	4700	19.5	
160C	50	48.12	29	3430	11	1.3	112	4300	13.8	
	63	62.23	22	4300	11	1.0	132	4300	11.0	
	50	51.93	27	3031	9.2	1.7	160	5130	15.6	
	63	62.22	23	3631	9.2	1.5	180	5350	13.6	
	80	79.19	18	4622	9.2	1.2	80	5570	11.1	
	100	103.67	14	5800	9.2	1.0	90	5800	9.2	
	125	124.22	11	5800	7.5	1.0	100	5800	7.5	
180B	160	158.10	9	5470	5.5	1.0	112	5470	5.5	
	200	204.46	7	5188	4	1.1	132	5600	4.3	
	250	244.99	6	4663	3	1.2	160	5760	3.7	
	8	8.10	173	1155	22	4.4		5100	97.2	
	10	10.38	135	1480	22	3.8	80	5650	84.0	
	12.5	12.54	112	1787	22	3.5	90	6200	76.3	
	16	16.17	87	2305	22	2.9	100	6750	64.4	
180C	20	20.73	68	2955	22	2.5	112	7300	54.4	
	25	25.03	56	3569	22	2.1	132	7450	45.9	
	31.5	31.05	45	4427	22	1.7	160	7550	37.5	
	40	35.07	40	5000	22	1.5	180	7550	33.2	
	50	52.85	26	3085	9.2	2.4		7530	22.3	
	63	63.33	22	3696	9.2	2.0		7560	18.8	
	80	76.48	18	4464	9.2	1.7	80	7700	15.9	
200B	100	94.89	15	5538	9.2	1.4	90	7850	12.7	
	125	127.43	11	7437	9.2	1.0	100	7680	9.6	
	160	158.10	9	7265	7.5	1.1	112	7830	8.1	
	200	197.46	7	6890	5.5	1.1	132	7870	6.3	
	250	244.99	6	7960	5.5	1.0	160	7960	5.5	
	8	8.33	168	1619	30	4.6		7500	139	
	10	10.00	140	1945	30	4.2	132	8200	127	
200C	12.5	12.29	114	2389	30	3.8	160	9000	113	
	16	16.63	84	3233	30	3.0	180	9800	90.9	
	20	19.97	70	3883	30	2.7	200	10600	81.9	
	25	24.53	57	4769	30	2.3		11000	69.2	
200C	31.5	30.04	47	5839	30	1.8		10700	55.0	
	40	42.41	33	5919	22	1.8		10900	40.5	
	50	50.93	27	7108	22	1.5		11000	34.1	
	63	62.55	22	8730	22	1.3	100	11350	28.6	
	80	76.59	18	10690	22	1.0	112	11050	22.7	
	100	101.68	14	11200	18.5	1.0	132	11200	18.5	
	125	124.87	11	11500	15	1.0	160	11500	15.0	
160	152.91	9	10671	11	1.0	180	11200	11.6		

3.10 Accessori
Albero lento

3.10 Accessories
Output shaft

3.10 Zubehör
Abtriebswelle



	Z...							
	71A	90A 80B 80C	112A 100B 100C	140A 125B 125C	180A 160B 160C	180B 180C	225A 200B 200C	
A	114	129	129	154	154	179	219	259
B	5	6	6	8	8	10	12	15
C	50	60	60	80	80	100	125	140
D _{h6}	24	32	35	42	45	55	70	90
d	M8	M8	M8	M10	M10	M10	M12	M16
E	30	40	43	50	53	65	80	110
F	115	130	—	155	—	180	220	260
G	49	59	—	79	—	99	124	141
M	27	35	38	45	48.5	59	74.5	95
N	8	10	10	12	14	16	20	25
								28

Fig.A.D.1: Catalogo multiplicador de ejes paralelos Tramec.

(Tramec, 2014)

Anexo E: Acoplamiento tipo omega seleccionado.

SELECCION DE ACOPLAMIENTOS

PROCEDIMIENTOS DE SELECCION

1. Calcule HP/100 RPM: $HP/100 \text{ RPM} = \frac{\text{Caballaje} \times 100}{\text{RPM}}$
2. Determine el factor de servicio de la tabla en la página 11; si no se determina, vea la clasificación de carga en la tabla de abajo. Recuerde considerar tanto el equipo propulsor como el impulsado.
3. Multiplique HP/100 RPM por el factor de servicio para obtener el equivalente de HP/100 RPM.
4. Seleccione el tamaño del acoplamiento en la Tabla 1 con una capacidad igual o mayor que el equivalente HP/100 RPM determinado en el paso 3.
5. Asegúrese de que la velocidad de operación del acoplamiento no exceda los RPM máximos, enumerados en las páginas 4 ó 6.
6. Seleccione el tipo de maza deseado de la descripción en la página 12. Chequee la perforación con el acoplamiento máximo permisible.

- 0 -

Tabla 1

Tamaño		Equivalente HP/100 RPM
Corriente	Espaciador	
E2	ES2-R	.31
E3	ES3-R	.58
E4	ES4-R	.88
E5	ES5-R	1.48
E10	ES10-R	2.30
E20	ES20	3.65
E30	ES30	5.79
E40	ES40	8.85
E50	ES50	12.14
E60	ES60	19.84
E70	ES70	35.12
E80	ES80	62.70
E100	NA	135
E120	NA	270

1. Calcule la torsión operativa: $(63,000 \times HP) / \text{RPM}$
2. Multiplique la torsión operativa por el factor de servicio obtenido de la tabla en la página 11.
3. Seleccione el tamaño del acoplamiento de la Tabla 2 con una capacidad igual o mayor que la determinada en el paso 2.
4. Siga los pasos 5 y 6 enumerados anteriormente.

Tabla 2

Capacidad de torsión			
Tamaño	Torsión lbs. pulg.	Tamaño	Torsión lbs. pulg.
2	190	40	5,500
3	365	50	7,650
4	550	60	12,500
5	925	70	22,125
10	1,450	80	39,500
20	2,300	100	85,050
30	3,650	120	170,100

FACTORES DE SERVICIO

Los factores de servicio son instrumentos para clasificar equipos diferentes y las aplicaciones dentro de las diversas clasificaciones de carga. En vista de las variaciones en las aplicaciones de equipos, los factores de servicio se usan para ajustar la potencia indicada de los equipos para acomodar las condiciones de carga variables. Esta es una guía general. Se proporcionan factores más específicos en la página 11.

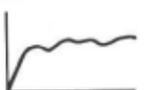
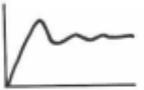
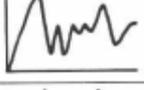
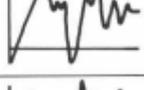
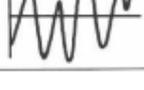
	Clasificaciones de carga	Factores de servicio
	Servicio continuo y cargas de funcionamiento sólo varían ligeramente.	1.0
	La carga de torsión varía durante el funcionamiento del equipo.	1.5
	La carga de torsión varía durante el funcionamiento, encontrándose frecuentes ciclos de arranque/pare.	2.0
	Para carga de choque y variaciones de torsión sustanciales.	2.5
	Para carga de choque severa o leves transmisiones de contramarcha.	3.0
	Las cargas de torsión de contramarcha no significa necesariamente la inversión de la rotación. Dependiendo de la severidad de la inversión de torsión, tales cargas deben clasificarse entre "media" y "extremas".	Consulte con Rexnord

Fig.A.E.1: Catalogo para selección acople omega.

(Rexnord, 2011)

Anexo F: Catálogo de motores de inducción Delcrosa

Potencia		Carcasa	Velocidad (rpm)	Intensidad Nominal				Torque			Rendimiento			Factor de Potencia			Factor de Servicio	GD ² Del Rotor (Kg m ²)	Peso (Kg)
(HP)	(kW)			(IEC)	220 V		380 V		Cn (Kg m)	Cp/Cn (%)	Cmáx/Cn (%)	η%			cos φ				
			In (A)	Ia (A)	In (A)	Ia (A)				50%	75%	100%	50%	75%	100%				
6 POLOS - 60 Hz																			
1/8	0,09	63a	1090	0,73	2,08	0,42	1,2	0,08	200	195	39,0	46,5	50,0	0,50	0,59	0,66	1,15	0,0014	4,8
1/6	0,12	63b	1085	0,97	2,77	0,56	1,6	0,11	205	195	40,0	48,5	52,0	0,50	0,58	0,64	1,15	0,0014	4,8
1/4	0,18	71a	1100	1,45	4,16	0,84	2,4	0,16	210	220	43,0	50,5	53,0	0,46	0,55	0,63	1,15	0,0035	9,0
1/3	0,25	71b	1110	2,02	5,54	1,17	3,2	0,22	220	205	46,0	52,5	55,0	0,42	0,51	0,58	1,15	0,0041	9,6
1/2	0,37	80a	1150	2,13	11,1	1,23	6,4	0,31	275	340	60,0	66,5	69,0	0,45	0,57	0,66	1,15	0,0091	13,0
3/4	0,55	80b	1135	2,84	13,0	1,64	7,5	0,47	185	205	64,0	69,0	71,0	0,50	0,62	0,72	1,15	0,0095	13,5
1	0,75	90Sa	1160	3,90	20,3	2,25	11,7	0,61	220	275	67,0	71,0	73,0	0,49	0,59	0,68	1,15	0,0220	19,5
1,5	1,1	90S	1135	5,46	24,1	3,15	13,9	0,94	170	240	63,0	74,0	75,0	0,53	0,64	0,71	1,15	0,0220	19,5
2	1,5	100La	1150	7,19	38,1	4,15	22,0	1,2	190	240	71,0	75,0	77,0	0,49	0,62	0,70	1,15	0,0380	29,0
3	2,2	100L	1150	10,0	65,8	5,78	38,0	1,9	275	320	74,0	77,5	78,5	0,53	0,65	0,74	1,15	0,0490	31,0
4	3	112M	1150	13,0	76,2	7,49	44,0	2,5	195	285	78,0	82,0	83,0	0,52	0,64	0,72	1,15	0,0580	36,0
5	3,7	132Sa	1150	14,1	79,7	8,12	46,0	3,1	170	250	82,0	84,5	85,0	0,67	0,76	0,81	1,15	0,1150	50,0
6	4,5	132S	1150	17,9	100,5	10,3	58,0	3,7	180	265	83,0	85,0	85,5	0,60	0,70	0,76	1,15	0,1150	52,0
7,5	5,5	132Ma	1160	21,1	150,7	12,2	87,0	4,7	185	220	83,0	85,5	86,0	0,62	0,74	0,80	1,15	0,1650	63,0
10	7,5	132M	1150	28,2	188,8	16,3	109,0	6,2	200	260	84,5	86,5	87,0	0,61	0,73	0,79	1,15	0,1900	66,0
12,5	9,2	160Ma	1175	36,0	270,2	20,8	156,0	7,6	200	250	84,0	86,5	87,5	0,57	0,68	0,75	1,15	0,4100	98,0
15	11	160M	1175	44,1	325,6	25,5	188,0	9,5	180	255	85,5	88,0	89,0	0,55	0,67	0,74	1,15	0,4100	100
20	15	160L	1170	56,2	436,5	32,5	252,0	12,2	180	270	87,0	89,0	89,5	0,60	0,72	0,77	1,15	0,5800	126
25	18,5	180L	1170	65,5	372,4	37,8	215,0	15,3	225	230	89,0	90,0	90,2	0,66	0,77	0,82	1,15	0,9200	170
30	22	200L	1180	80,8	519,6	46,7	300,0	18,3	235	290	90,0	90,8	91,0	0,67	0,76	0,79	1,15	1,4000	225
40	30	200L	1175	108,3	614,9	62,5	355,0	24	185	265	90,8	91,5	91,7	0,64	0,75	0,78	1,15	1,7000	240
50	37	225S/M	1185	140,4	850,4	81,0	491,0	30	225	265	90,5	91,8	92,0	0,64	0,71	0,75	1,0	2,8000	305
60	45	250S/M	1175	149,6	940,5	86,4	543,0	36	215	260	91,0	92,3	92,5	0,69	0,79	0,84	1,0	3,3000	475
75	55	250S/M	1175	182,0	1015	105,1	586,0	46	190	230	91,4	92,5	92,8	0,73	0,82	0,86	1,0	4,0000	480
100	75	280S/M	1180	250,9	1325	144,9	765,0	61	200	210	92,0	92,8	93,0	0,72	0,80	0,83	1,0	7,5000	625
125	90	280S/M	1180	312,0	1680	180,1	970,0	76	190	210	92,5	93,5	93,0	0,72	0,80	0,83	1,0	8,8000	710
150	110	315S/M	1185	359,0	2051	207,3	1184	90	200	230	93,0	93,7	94,1	0,75	0,84	0,86	1,0	16,000	980
175	132	315S/M	1185	418,8	2515	241,8	1452	106	200	220	93,0	94,0	94,1	0,74	0,83	0,86	1,0	18,000	1080
200	150	315S/M	1185	478,2	2737	276,1	1580	121	210	230	93,0	94,0	94,2	0,75	0,83	0,86	1,0	20,000	1150
250	184	355M/L	1190	642,5	3066	371,0	1770	150	220	210	93,5	94,2	94,2	0,70	0,77	0,80	1,0	22,000	1380
300	220	355M/L	1185	770,2	3118	444,7	1800	180	210	200	93,5	94,0	94,3	0,70	0,78	0,80	1,0	26,000	1500
350	255	355M/L	1190	896,7	5577	517,7	3220	210	200	190	94,0	94,3	94,5	0,70	0,78	0,80	1,0	30,000	1630
400	295	355M/L	1190	1021,5	6374	589,8	3680	240	235	210	94,0	94,5	94,8	0,71	0,78	0,80	1,0	33,000	1730
450	330	355M/L	1190	1146,8	6538	662,1	3775	270	230	210	94,0	95,0	95,0	0,71	0,78	0,80	1,0	37,000	1820

Fig.A.F.1: Motores de inducción 6 polos Delcrosa.

(Delcrosa, 2010)

Anexo G: Cálculo de sedimentación en el canal y dimensionamiento de rejilla para gruesos.

La sección del canal se definió en el capítulo 2.1.11, se trata de un canal de sección rectangular con ancho (b) de 1.58 m y de alto (a) de 0.79 m (Altura real de 0.84m, para evitar fugas de agua), se debe determinar que la velocidad del agua en el canal es tal que no habrá sedimentación de partículas. La velocidad de no sedimentación se determina con la ecuación empírica de Levy (Ecuación A.G.1)

$$v_{ns} = 0.01 * \frac{w}{\sqrt{d_{ks}}} * \sqrt{R} * \left(\frac{0.0225}{n} \right) \quad (\text{A.G.1})$$

Donde:

- w = Velocidad de sedimentación de una partícula de cierto diámetro (mm/s).
- d_{ks} = Diámetro característico de las partículas en suspensión (mm).
- R = Radio hidráulico de un canal (m).
- n = Coeficiente de rugosidad del canal.

El radio hidráulico de un canal con sección rectangular esta descrito por la ecuación A.J.2.

$$R = \frac{b * y}{b + 2 * y} \quad (\text{A.G.2})$$

$$V = \frac{Q}{b * y} \quad (\text{A.G.3})$$

Se considera un canal de concreto con coeficiente de rugosidad de $n=0.015$. El análisis de sedimentación se realizará para arena gruesa que tiene como valores característicos de $d_{ks}=0.1$ mm y $w=8$ mm/s (Pérez, 2005). De esta manera de las ecuaciones presentadas se obtiene el valor de la velocidad de no sedimentación y la velocidad del flujo:

$$v_{ns} = 0.01 * \frac{8}{\sqrt{0.1}} * \sqrt{0.485} * \left(\frac{0.0225}{0.015} \right) = 0.264 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{2}{1.58 * 0.79} = 1.6 \text{ m/s}$$

Como la velocidad de no sedimentación es menor a la velocidad del flujo, se determina que no habrá sedimentación.

Para el dimensionamiento de la rejilla para gruesos se tomarán como referencia las rejillas usadas para es desbaste y tamizado en el tratamiento de aguas residuales. Como consideraciones iniciales se tienen las siguientes (Pérez de la Cruz, s/f):

- Inclinación = La rejilla tendrá una inclinación de 60° respecto a la horizontal.
- Ancho de las barras (br) = Para evitar deformaciones de las barras se debe usar anchos de ½" a 1", se opta por una de 1" (25.4 mm).
- Luz (L) = La separación entre las barras para rejillas para gruesos deben estar en el intervalo de 5 a 15 cm, se escoge el valor medio de 10 cm de luz.

Mediante la ecuación A.J.4, se determina el número de barras (N), para un canal de ancho b.

$$N = \frac{b - L}{br + L} \quad (\text{A.G.4})$$

$$N = \frac{1.6 - 0.1}{0.0254 + 0.1} = 11.96 \sim 12$$

Anexo H: Cálculo y dimensionamiento de la empaquetadura y prensa estopas

El rodamiento sellado seleccionado para el árbol inferior estará por debajo del nivel del agua en el canal, por lo que se debe utilizar algún componente o sistema que evite que el agua ingrese en esta zona.

Entre las opciones para evitar el ingreso de alguna sustancia a zonas donde no se desea se tienen las empaquetaduras, sellos mecánicos o sellos de gas. Si bien los sellos mecánicos tienen muchas ventajas frente a las empaquetaduras como que existen menores pérdidas de potencia por fricción o la ausencia de mantenimiento periódico, se decidió emplear empaquetaduras debido a su menor costo y su facilidad de instalación.

El dimensionamiento de la empaquetadura y prensa estopas, se realizó tomando como referencia la Fig.A.H.1, la cual muestra algunas relaciones de tamaño entre las dimensiones de los componentes.

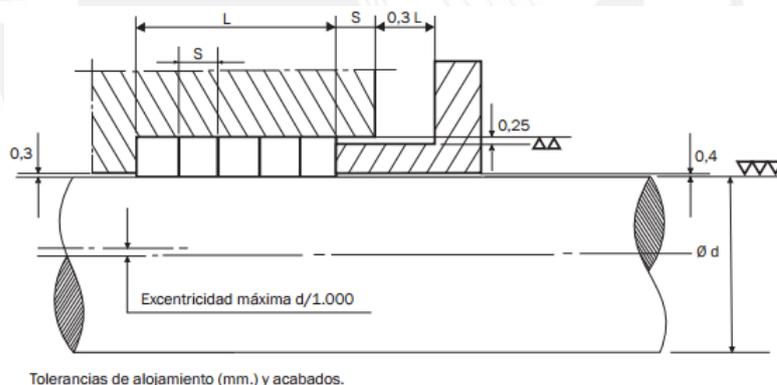


Fig.A.H.1: Referencia para el cálculo de la empaquetadura y prensa estopa.
(Lidering Safe Industry, s/f)

Debido a la baja velocidad de giro del árbol de transmisión de potencia y al bajo valor de variación de presión (Debido al salto de 2m, se tiene una variación de 0.2 bar, tomando como referencia la presión atmosférica), no se requiere de una empaquetadura refrigerada. Se seleccionó la empaquetadura modelo 1400R de la marca Cherston es una empaquetadura cinta de grafito trenzada reforzada, con un inhibidor de la corrosión, recomendada para el trabajo con agua. La sección de la empaquetadura se determinó usando la Ecuación A.H.1 la longitud total recomendada usando la Ecuación A.H.2,

estas relaciones son valores mínimos recomendados para que la empaquetadura funcione de manera correcta (Bohl, 1986).

$$s = \sqrt{d} \text{ o } s = 2\sqrt{d} \quad (\text{A.H.1})$$

$$s = \sqrt{150} = 12.25 \text{ mm} \text{ o } s = 2\sqrt{150} = 24.5 \text{ mm}$$

Se selecciona un valor de sección de 16 mm (5/8")

$$L = (6 \dots 8)s \quad (\text{A.H.2})$$

Se selecciona un valor de 6 anillos de empaquetadura, con lo que se tiene una longitud de 96 mm.

