

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DISEÑO DE MÁQUINA REBANADORA DE CAMOTE CON UNA CAPACIDAD DE 450 KG/HORA

ANEXOS

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico,
que presenta el bachiller:

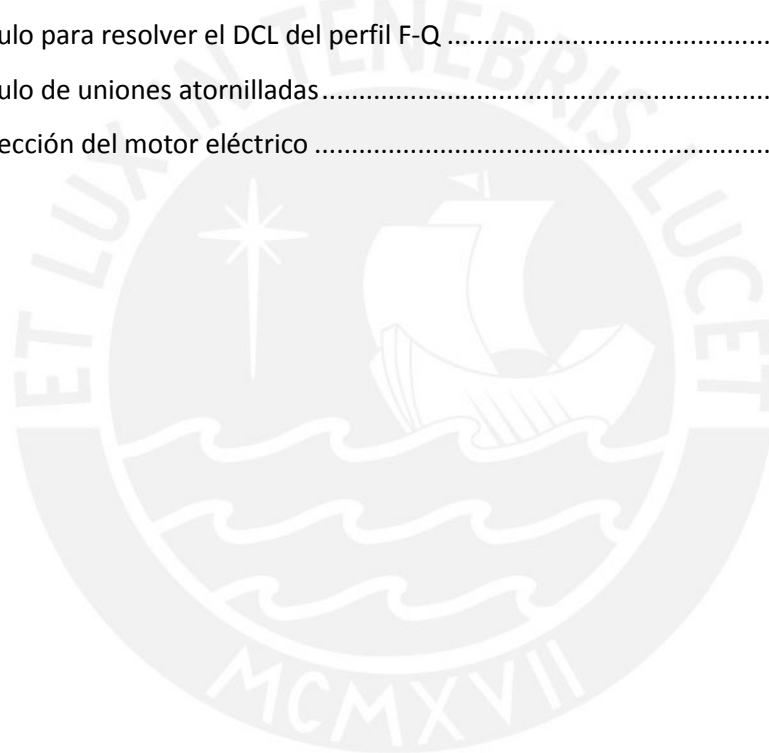
CARLOS MILLER ACOSTA QUISPE

ASESOR: Dipl. Ing. **BENJAMÍN BARRIGA GAMARRA**

Lima, junio de 2015

ÍNDICE

ANEXO 1. Tabla de coeficientes de impacto	1
ANEXO 2. Manual técnico sobre fajas trapeciales	2
ANEXO 3. Especificaciones de chaveta DIN6885	6
ANEXO 4. Propiedades mecánicas del acero AISI 420	7
ANEXO 5. Coeficientes usados para el cálculo a fatiga	8
ANEXO 6. Información técnica del rodamiento rígido de bolas 61805 – 2RS.....	12
ANEXO 7. Coeficientes para el cálculo de soldadura	13
ANEXO 8. Cálculo para resolver el DCL del perfil F-Q	14
ANEXO 9. Cálculo de uniones atornilladas.....	16
ANEXO 10. Selección del motor eléctrico	23



ANEXO 1. Tabla de coeficientes de impacto

Fuente: RODRIGUEZ H, 2006. *Resistencia de materiales 2*. Lima: PUCP. Pág 4-13.

Tabla 4.1 Factores de impacto para diferentes máquinas.

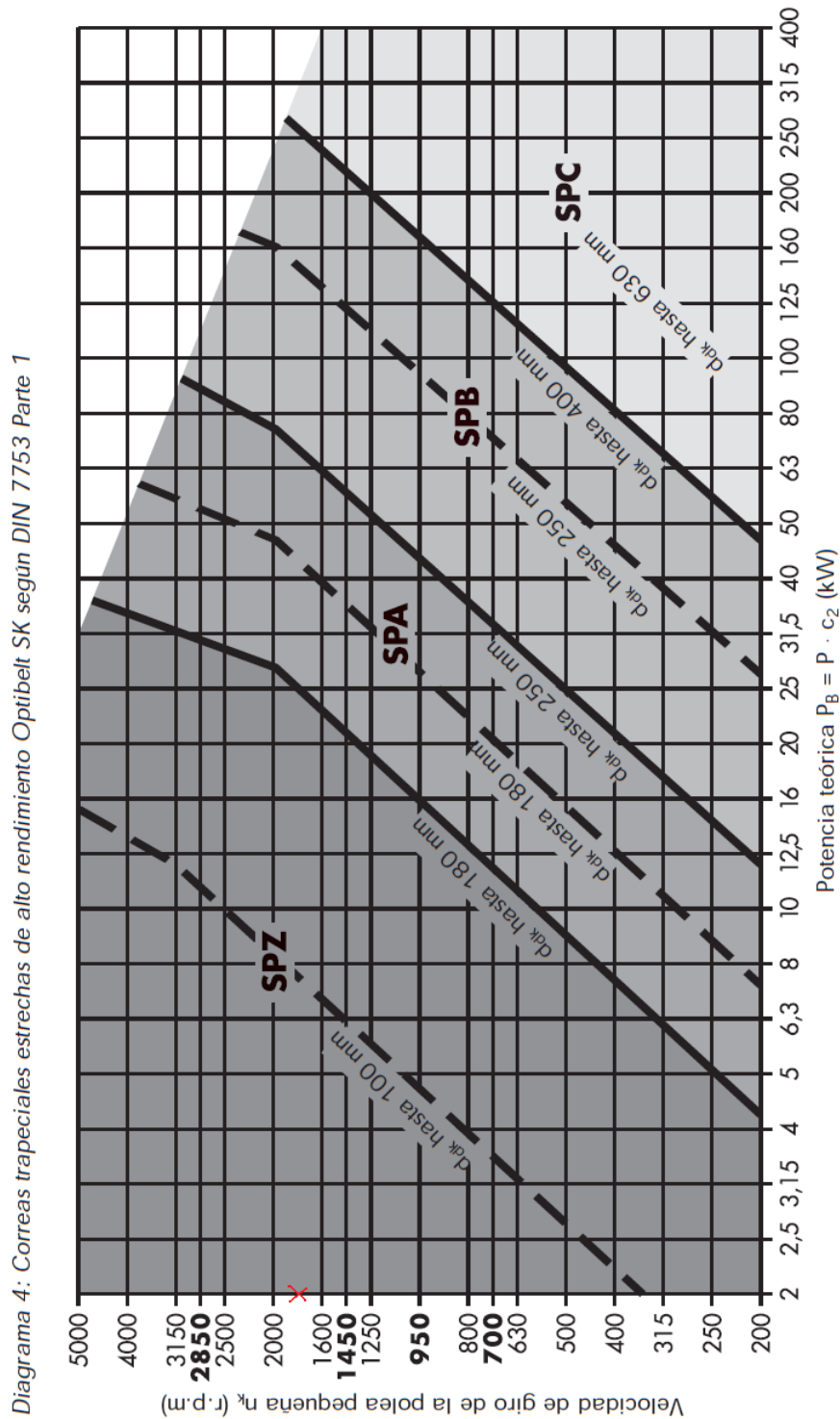
[Ref.: Herbert Tauscher: Dauerfestigkeit von Stahl und Gusseisen, Fachbuchverlag, Leipzig, 1972]

Tipo de impacto	Ejemplos de máquinas o accionamientos	Coefficiente de impacto ϕ
Ligero	Turbinas de vapor y de gas, compresores rotatorios y bombas centrífugas, máquinas eléctricas, máquinas rectificadoras	1,0 1,1
Medianamente fuerte	Máquinas de émbolo, máquinas de combustión interna, compresores de pistón, cepilladoras, mortajadoras, instalaciones de grúas	1,2 1,5
Fuerte	Prensas de forja, prensas plegadoras, cizallas de planchas y perfiles, perforadoras, punzonadoras, molinos de muelles verticales	1,6 2,0
Muy fuerte	Martillos mecánicos, máquinas laminadoras, chancadoras	2,0 3,0

ANEXO 2. Manual técnico sobre fajas trapeciales

Fuente: Manual técnico de para transmisiones por faja trapecial. OPTIBELT.
[Consultado el 15 de setiembre de 2014] Disponible en:

<<http://www.lacasadelascorreas.com.uy/pdf/atecnica/manual%20tecnico%20industrial.pdf>>



Perfil SPZ		
Desarrollo de referencia ISO (mm)		
L _d		
487	1037	1637
512	1047	1662
562	1060	1687
587	1077	1700
612	1087	1737
630	1112	1762
637	1120	1787
662	1137	1800
670	1162	1812
687	1180	1837
710	1187	1862
722	1202	1887
737	1212	1900
750	1237	1937
762	1250	1987

Tabla 9

Perfil de la correa trapecial	Denominación ISO	-	Y	-	Z	A	B	-	C	-	D	E	Diámetro de referencia d _d		Tolerancia de concetricidad y planitud
	Denominación DIN 2215	5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40	min	máx	
Perfil correa trapecial estrecha	Denominación DIN 7753 Parte 1 e ISO 4184	-	-	-	SPZ	SPA	SPB	-	SPC	-	-	-	min	máx	
Diámetro de referencia d _d	20,0												20,0	20,4	0,2
	22,0												22,0	22,4	
	25,0												25,0	25,4	
	28,0	28,0											28,0	28,4	
	31,5	31,5											31,5	32,0	
	35,5	35,5											35,5	36,1	
	40,0	40,0	40	40									40,0	40,6	
	45,0	45,0	45	45									45,0	45,7	
	50,0	50,0	50	50	45	50							50,0	50,8	
	56,0	56,0	56	56	50	56							56,0	56,9	
	63,0	63,0	63	63	56	63	63						63,0	64,0	
						63	67	67						67,0	68,0
	71,0	71,0	71	71	63	71							71,0	72,1	
	80,0					75	75							75,0	76,1
						80	80							80,0	81,3
						85	85							85,0	86,3
						90	90	90						90,0	91,4
					95	95	95	90					95,0	96,4	
					100	100	100	95					100,0	101,6	
					106	106	106	100					106,0	107,6	
	112,0	112	112	112	112	112						112,0	113,8		
	125,0				118	118							118,0	119,9	
					125	125	125						125,0	127,0	
					132	132	132						132,0	134,1	
					140	140	140			140*			140,0	142,2	
				150	150	150			150*			150,0	152,4		
				160	160	160	160	160	160*			160,0	162,6		
		180	170	170	170	170						170,0	172,7		
		200	180	180	180	180	180	180	180				180,0	182,9	
				190	190	190	190			180			190,0	193,0	
				200	200	200	200	200	200	200			200,0	203,2	
				212	212	212	212			212			212,0	215,4	
				224	224	224	224	224	224	224			224,0	227,6	
					225	225	225			225			225,0	228,6	
					236	236	236			236			236,0	239,8	
					250	250	250	250	250	250	250		250,0	254,0	
							265			265			265,0	269,0	
				280	280	280	280	280	280	280			280,0	284,5	
			300	300	300	300			300			300,0	304,8		
			315	315	315	315	315	315	315	315		315,0	320,0		
				335	335	335			335			335,0	340,0		
			355	355	355	355	355	355	355	355	355	355,0	360,7		
					375	375			375			375,0	380,7		
			400	400	400	400	400	400	400	400	400	400,0	406,4		

Tabla 16

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	c_1
0	180°	1,00
0,05	177°	1,00
0,10	174°	1,00
0,15	171°	1,00
0,20	168°	0,99
0,25	165°	0,99
0,30	162°	0,99
0,35	160°	0,99
0,40	156°	0,99
0,45	153°	0,98
0,50	150°	0,98
0,55	147°	0,98
0,60	144°	0,98
0,65	141°	0,97
0,70	139°	0,97
0,75	136°	0,97
0,80	133°	0,96
0,85	130°	0,96
0,90	126°	0,96
0,95	123°	0,95
1,00	119°	0,94

Tabla 17

jemplo de máquinas accionadas	Ejemplo de máquinas motrices					
	Factor de carga c_2 para servicio diario (horas)			Factor de carga c_2 para servicio diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	a partir de 16	up to 10	más de 10 hasta 16	a partir de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, byas transportadoras (cargas ligeras) ventiladores y bombas de hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Guillotinas, prensas, transportadores de cadena y bya (cargas pesadas), tamices vibradores, generadores y excitadores, amasadoras, máquinas herramienta (tornos, esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4

Tabla 18

Perfil SPZ, XPZ		Perfil SPA, XPA		Perfil SPB, XPB		Perfil SPC, XPC	
Desarrollo de referencia (mm)	c ₃	Desarrollo de referencia (mm)	c ₃	Desarrollo de referencia (mm)	c ₃	Desarrollo de referencia (mm)	c ₃
630	0,83	800	0,81	1250	0,83	2000	0,85
670	0,84	850	0,82	1320	0,84	2120	0,86
710	0,85	900	0,83	1400	0,85	2240	0,86
750	0,86	950	0,84	1500	0,86	2360	0,87
800	0,87	1000	0,85	1600	0,87	2500	0,88
850	0,88	1060	0,86	1700	0,88	2650	0,89
900	0,89	1120	0,86	1800	0,89	2800	0,90
950	0,90	1180	0,87	1900	0,90	3000	0,91
1000	0,91	1250	0,88	2000	0,91	3150	0,91
1060	0,92	1320	0,89	2120	0,92	3350	0,92
1120	0,93	1400	0,90	2240	0,93	3550	0,93
1180	0,94	1500	0,91	2360	0,93	3750	0,94
1250	0,95	1600	0,92	2500	0,94	4000	0,95
1320	0,96	1700	0,93	2650	0,95	4250	0,96
1400	0,98	1800	0,94	2800	0,96	4500	0,97

Tabla 26

Poleas	v (m/s)	n _k (min ⁻¹)	Diámetro de referencia de la polea pequeña d _{sk} (mm)														Suplemento de potencia (kW) por correa para i			
			63	71	80	85	90	95	100	112	125	132	140	150	160	180	200	hasta 1,05	hasta 1,26	hasta 1,57
5	700	0,50	0,68	0,88	1,00	1,11	1,22	1,33	1,60	1,88	2,03	2,20	2,42	2,63	3,05	3,47	0,01	0,06	0,09	0,11
	950	0,63	0,87	1,14	1,29	1,44	1,59	1,74	2,08	2,46	2,66	2,89	3,17	3,45	4,00	4,54	0,01	0,09	0,12	0,15
	1450	0,87	1,23	1,62	1,84	2,06	2,27	2,49	3,00	3,54	3,83	4,16	4,56	4,96	5,75	6,51	0,02	0,13	0,19	0,23
	2850	1,38	2,03	2,74	3,13	3,52	3,90	4,27	5,15	6,07	6,55	7,08	7,72	8,34	9,50	10,55	0,04	0,26	0,37	0,46
	100	0,10	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,28	0,33	0,35	0,38	0,42	0,45	0,52	0,59	0,00	0,01	0,01	0,02
	200	0,18	0,24	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,52	0,61	0,66	0,71	0,78	0,85	0,98	1,12	0,00	0,02	0,03	0,03
	300	0,25	0,33	0,43	0,48	0,53	0,58	0,63	0,75	0,88	0,95	1,03	1,13	1,23	1,42	1,62	0,00	0,03	0,04	0,05
	400	0,32	0,43	0,55	0,62	0,68	0,75	0,81	0,97	1,14	1,23	1,34	1,47	1,59	1,85	2,10	0,01	0,04	0,05	0,06
	500	0,38	0,51	0,66	0,75	0,83	0,91	0,99	1,19	1,39	1,51	1,63	1,79	1,95	2,26	2,57	0,01	0,05	0,07	0,08
	600	0,44	0,60	0,78	0,87	0,97	1,07	1,16	1,39	1,64	1,77	1,92	2,11	2,29	2,66	3,02	0,01	0,06	0,08	0,10
	700	0,50	0,68	0,88	1,00	1,11	1,22	1,33	1,60	1,88	2,03	2,20	2,42	2,63	3,05	3,47	0,01	0,06	0,09	0,11
	800	0,55	0,76	0,99	1,12	1,24	1,37	1,50	1,79	2,12	2,29	2,48	2,72	2,96	3,44	3,91	0,01	0,07	0,11	0,13
	900	0,61	0,84	1,09	1,24	1,38	1,52	1,66	1,99	2,35	2,54	2,75	3,02	3,29	3,81	4,33	0,01	0,08	0,12	0,15
	1000	0,66	0,91	1,19	1,35	1,51	1,66	1,81	2,18	2,57	2,78	3,02	3,31	3,61	4,18	4,75	0,01	0,09	0,13	0,16
	1100	0,71	0,98	1,29	1,46	1,63	1,80	1,97	2,37	2,79	3,02	3,28	3,60	3,92	4,54	5,16	0,02	0,10	0,14	0,18
1200	0,76	1,06	1,39	1,57	1,76	1,94	2,12	2,55	3,01	3,26	3,54	3,88	4,22	4,90	5,56	0,02	0,11	0,16	0,19	
1300	0,80	1,12	1,48	1,68	1,88	2,07	2,27	2,73	3,23	3,49	3,79	4,16	4,52	5,24	5,95	0,02	0,12	0,17	0,21	
1400	0,85	1,19	1,58	1,79	2,00	2,21	2,42	2,91	3,44	3,72	4,04	4,43	4,82	5,58	6,32	0,02	0,13	0,18	0,23	
1500	0,89	1,26	1,67	1,89	2,12	2,34	2,56	3,08	3,64	3,94	4,28	4,69	5,11	5,91	6,69	0,02	0,14	0,20	0,24	
1600	0,93	1,32	1,76	2,00	2,23	2,47	2,70	3,26	3,85	4,16	4,52	4,95	5,39	6,23	7,05	0,02	0,15	0,21	0,26	
1700	0,98	1,39	1,85	2,10	2,35	2,59	2,84	3,42	4,05	4,38	4,75	5,21	5,66	6,55	7,40	0,02	0,16	0,22	0,27	
1800	1,02	1,45	1,93	2,20	2,46	2,72	2,98	3,59	4,24	4,59	4,98	5,46	5,93	6,85	7,74	0,03	0,17	0,24	0,29	
1900	1,06	1,51	2,02	2,29	2,57	2,84	3,11	3,75	4,43	4,80	5,20	5,70	6,19	7,15	8,07	0,03	0,18	0,25	0,31	
2000	1,10	1,57	2,10	2,39	2,68	2,96	3,24	3,91	4,62	5,00	5,42	5,94	6,45	7,44	8,38	0,03	0,19	0,26	0,32	

ANEXO 4. Propiedades mecánicas del acero AISI 420

Fuente: Acero Inoxidable AISI 420. SUMITEC

[Consultado el 15 de setiembre de 2014] Disponible en:

<<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20420.pdf>>

ACERO INOXIDABLE 420 (UNS S42000)

1. Descripción: éste acero inoxidable tiene buena ductilidad en la condición de recocido, pero es capaz de ser endurecido hasta 52 HRc, la dureza máxima que se puede conseguir en los aceros inoxidables con 12% de cromo. La mayor resistencia a la corrosión para este grado es lograda cuando el metal es endurecido y luego rectificado o pulido. En la condición de endurecido tiene buena resistencia a la atmósfera, alimentos, agua fresca y ácidos y bases medios. La resistencia a la corrosión es muy baja en la condición de recocido. No se recomienda utilizar en temperaturas mayores de los 370 °C

2. Normas involucradas: ASTM A 176

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 345 MPa (50 KSI)
Resistencia máxima 690 MPa (100 KSI)
Elongación 15 % (en 50mm)
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Dureza de suministro: 235 Brinell

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.15 % C min
1.00 % Mn
1.00 % Si
12.0 – 14.0 % Cr
0.04 % P
0.03 % S

6. Usos: para producir cuchillos, hojas de navaja, instrumentos quirúrgicos, válvulas de agujas, partes de tijeras.

7. Tratamientos térmicos: el recocido se logra luego de calentarlo hasta 845 – 900 °C, seguido de un enfriamiento lento en el horno hasta 535 °C y luego enfriamiento al aire. El endurecimiento se da con un calentamiento entre 980 – 1035 °C y con enfriamiento en aceite o al aire. El temple en aceite es necesario para piezas grandes. El revenido se hace entre 200 y 650°C, no se recomienda revenir entre 430 y 535 °C ya que la resistencia al impacto es muy baja.

NOTA:

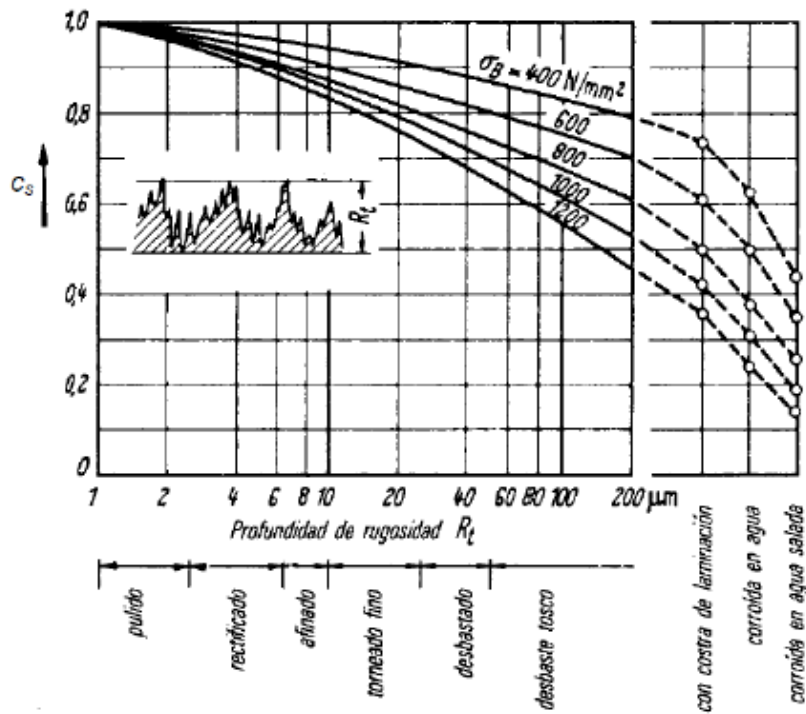
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ANEXO 5. Coeficientes usados para el cálculo a fatiga

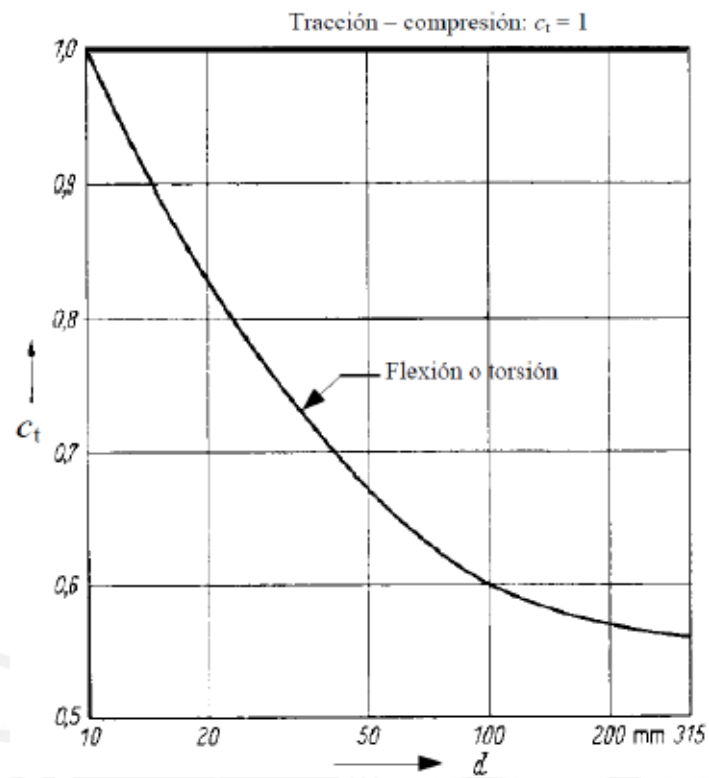
Fuente: RODRIGUEZ H, 2006. *Resistencia de materiales 2*. Lima: PUCP.

Coeficiente de superficie C_s

Valor medio de la rugosidad: $R_a \cong 0,1 R_z^{1,15}$ (donde $R_z \cong R_t$)



Coefficiente de tamaño C_t



Factor de carga C_{carga}

Tipo de carga	C_{carga}
Flexión	1,0
Axial	0,85
Torsión	1,00

[Ref: Ch. Lipson & R. Juvinall: Handbook of Stress and Strength]

Factor geométrico de concentración de esfuerzos α_K

Fig. 2.16 Factor geométrico de concentración de esfuerzos α_K para ejes con reducción de sección: a) para carga axial, b) para carga de flexión y c) para carga de torsión.

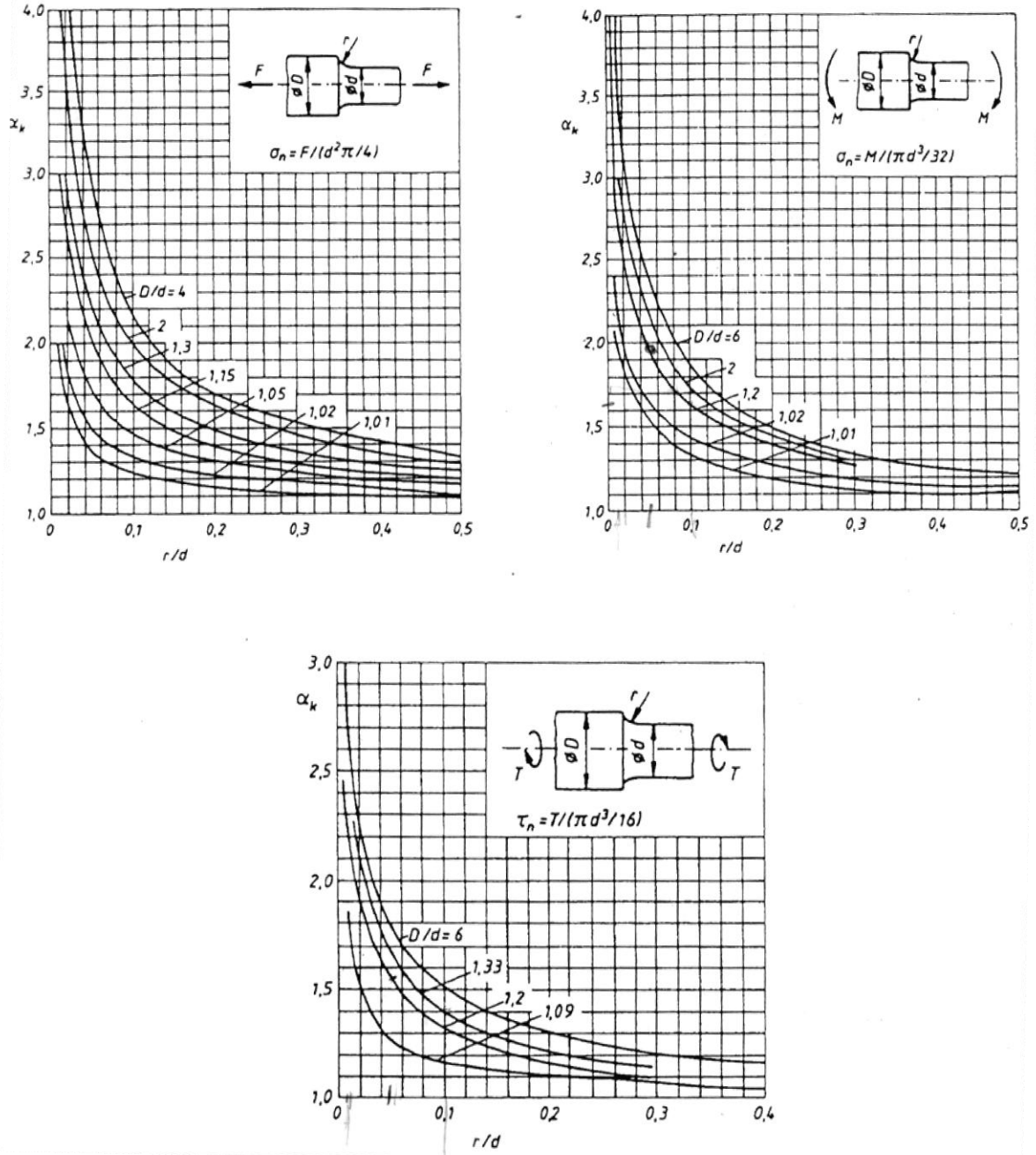
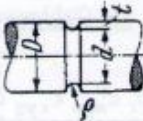
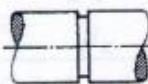
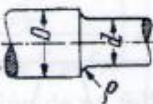


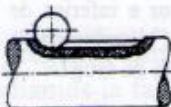
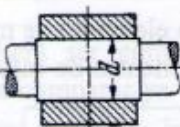
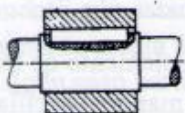


Tabla 3.9 Factores efectivos de concentración de esfuerzos para diferentes tipos de ranuras y canales en ejes para aceros de construcción St 37 a St 60.

[Ref.: Tochtermann/Bodenstein, Konstruktionselemente de Maschinenbaues, Band 2, Springer Verlag]

Tipo del concentrador de esfuerzos		Factor efectivo de concentración de esfuerzos β_K	
		Para flexión β_K	Para torsión β_K
Canal redondeado		1,5 ... 2	1,3 ... 1,8
Canal rectangular para anillos de seguridad (tipo Seeger)		2,5 ... 3,5	2,5 ... 3,5
Cambio de sección con redondeo (valores más exactos ver Capítulo 2)		$\approx 1,5$ para $\rho/d = 0,1$ y $d/D = 0,7$	$\approx 1,25$ para $\rho/d = 0,1$ y $d/D = 0,7$
Agujero transversal		1,4 ... 1,8 para $d/D = 0,7$	1,4 ... 1,8 para $d/D = 0,7$
Canal chavetero (fabricado con fresa de dedo)		1,6 ... 2	1,3
Canal chavetero (fabricado con fresa de disco)		1,3 ... 1,5	1,3 ... 1,5
Unión mediante apriete de interferencia (zunchado)		1,7 ... 1,9	1,3 ... 1,4
Unión mediante chaveta		2 ... 2,4	1,5 ... 1,6

ANEXO 6. Información técnica del rodamiento rígido de bolas 61805 – 2RS

Fuente: catalogo de productos de la empresa SKF

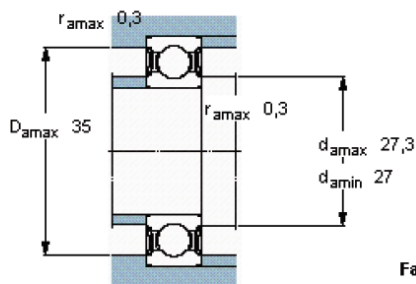
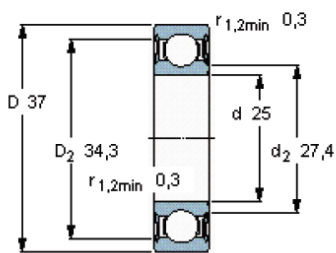
[Consultado el 15 de octubre de 2014] Disponible en:

<<http://www.skf.com/pe/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-ow/index.html?prodid=1010281805&imperial=false>>



Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Dimensiones principales			Capacidades de carga básica		Velocidades nominales		Designación
d	D	B	dinámica C	estática C0	Velocidad de referencia	Límite de velocidad	
mm			kN		rpm		* rodamiento SKF
25	37	7	4,36	2,6	-	11000	61805-2RS1



Factores de cálculo

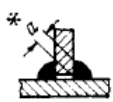


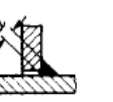
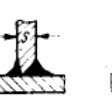
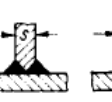

k_r 0,015
 f_0 14



ANEXO 7. Coeficientes para el cálculo de soldadura

Fuente: PAULSEN. Elementos de Máquinas 1. Lima. PUCP. Eurocódigo 3

Factor de concentración de esfuerzos efectivo v_1

Unión en T	Denominación	Doble cordón (en ángulo)			Cordón (en ángulo) plano	Cordón HV raíz soldada con cordón en ángulo	Cordón K con dolbe cordón en ángulo	Cordón en X
		abombado	plano	cóncavo				
	Espesor del cordón	2a	2a	2a	a	s	s	s
	Representación del cordón							
v_1	Tracción-compresión	0,32	0,35	0,41	0,22	0,63	0,56	0,7
	Flexión	0,69	0,7	0,87	0,11	0,8	0,8	0,84
	Cortadura	0,32	0,35	0,41	0,22	0,5	0,45	0,56

Factor de calidad de la unión v_2

CALIDAD	v_2
I	1,0
II	0,8
III	0,5

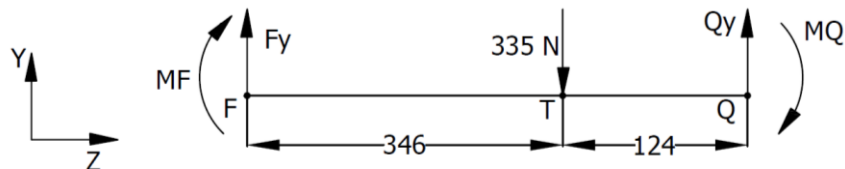
Guía para determinar la calidad de uniones soldadas (DIN 1912)

		Calidad		
		I	II	III
Material	Garantizado para soldar	•	•	•
Preparación	Dirigida por especialista	•	•	•
	Vigilada	•	•	
Método de soldadura	Seleccionado de acuerdo con las propiedades del material, el espesor de las piezas y las cargas de la unión soldada.	•	•	•
Material de aporte	Seleccionado de acuerdo al material base	•	•	•
	Selección verificada y garantizada.	•	•	
Personal	Soldador calificado con supervisión en su Trabajo	•	•	
Verificación	Comprobación de ausencia de fallas (ultrasonido, rayos x, etc.)	•		

ANEXO 8. Cálculo para resolver el DCL del perfil F-Q

Para el cálculo de los momentos M_F y M_Q se ha considerado que el perfil F-Q esta empotrado en sus extremos, además para simplificar el cálculo se ha reemplazado dos fuerzas actuantes de 221N y 114 N por una sola de 335 N que actúa en el medio de la ubicación de ambas fuerzas.

En la siguiente figura se muestra el DCL del perfil F-T-Q.



Hallando momentos:

- Tramo FT

$$M_X = -M_F + F_Y(X)$$

$$\frac{\partial M_X}{\partial M_F} = -1$$

- Tramo TQ

$$M_X = -M_F - 335X + F_Y(X) + 115910$$

$$\frac{\partial M_X}{\partial M_F} = -1$$

Se sabe que el extremo izquierdo "F" se considera empotrado, por lo tanto la deflexión angular en ese punto es cero.

Según Castigliano:

$$\varphi_F = \frac{\partial U}{\partial M_F} = \int_L \frac{M_X}{EI} \left(\frac{\partial M_X}{\partial M_F} \right) dx$$

$$\varphi_F = \frac{1}{EI} \cdot \left[\int_0^{346} (-M_F + F_Y(X))(-1) dx + \int_0^{346} (-M_F - 335X + F_Y(X) + 115910)(-1) dx \right] = 0$$

Resolviendo y relacionando se tiene:

$$M_F - 235F_Y + 5480 = 0 \tag{1}$$

$$\sum M_F = 0 : \quad M_F - 335 \times 346 + Q_Y \times 470 - M_Q = 0 \tag{2}$$

$$\sum F_Y = 0 : \quad F_Y - 335 + Q_Y = 0 \tag{3}$$

Ahora aplicando castigliano de forma similar pero ahora para trabajar con la condición de que la deflexión en el punto " Q " es cero.

Tramo TQ

$$M_X = -M_Q + Q_Y(X)$$

$$\frac{\partial M_X}{\partial Q_Y} = X$$

Tramo FQ

$$M_X = -M_Q + (Q_Y - 335)(X) + 41540$$

$$\frac{\partial M_X}{\partial Q_Y} = X$$

Según Castigliano:

$$\delta_Q = \frac{\partial U}{\partial Q_Y} = \int_L \frac{M_X}{EI} \left(\frac{\partial M_X}{\partial Q_Y} \right) dx$$

$$\delta_Q = \frac{1}{EI} \cdot \left[\int_0^{124} (-M_Q + Q_Y(X))(X) dx + \int_{124}^{470} (-M_Q + (Q_Y - 335)(X) + 41540)(X) dx \right] = 0$$

Resolviendo y relacionando se tiene:

$$928 Q_Y - M_Q - 270\,468 = 0 \quad (4)$$

Ahora resolviendo las ecuaciones (1), (2), (3),(4), se obtiene:

$$F_Y = 6,3 [N]$$

$$Q_Y = 328,7 [N]$$

$$M_F = -4\,000 [N - mm]$$

$$M_Q = 34\,565 [N - mm]$$

ANEXO 9. Cálculo de uniones atornilladas

Valores recomendados para el asentamiento entre pares de superficies.

Altura promedio de la rugosidad R_z (μm)	Carga	Valores para el asentamiento δ_{as} . Por par de superficies. (μm)		
		En los hilos	Cabeza o tuerca	Entre placas
$R_z < 10$	Normal	3,0	2,5	1,5
	Transversal (corte)	3,0	3,0	2,0
$10 \leq R_z < 40$	Normal	3,0	3,0	2,0
	Transversal (corte)	3,0	4,5	2,5
$40 \leq R_z < 160$	Normal	3,0	2,0	3,0
	Transversal (corte)	3,0	2,5	3,5

R_z : promedio de la profundidad de la rugosidad. Promedio aritmético de cinco profundidades significativas consecutivas en la longitud de medición.

- **Cálculo de la unión entre soportes y estructura para los tornillos M6x60.**

Determinación de la constante de rigidez del tornillo C_{tor} :

El cálculo se basa en la norma VDI 2230, las dimensiones características del tornillo se muestran en la siguiente tabla.

Tramo	Comentario	D_i [mm]	A_i [mm ²]	L_i [mm]
I	Cabeza	$d=6$	28,3	$0,5(d)=3$
II	Tramo sin rosca	$d=6$	28,3	2
IV	Tramo roscado libre	$d_3=4,77$	17,9	48,6
V	Tramo roscado dentro de la tuerca	$d_3=4,77$	17,9	$0,5(d)=3$
VI	Filetes en contacto	$d=6$	28,3	$0,4(d)=2,4$

$$\frac{1}{C_{tor}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} = \frac{1}{E} \times \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{A_i}$$

Se considera que el modulo de elasticidad "E" es $2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, luego reemplazando valores se obtiene C_{tor} igual a $6,358 \times 10^4 \text{ [N/mm]}$.

Determinación de la constante de rigidez de las placas C_p :

Se tiene como datos conocidos:

$L_p=50,6$ [mm] Longitud entre placas

$d_1=10$ [mm] Diámetro de la cabeza del tornillo

$D_{ext}=12$ [mm] Diámetro de la circunferencia igual al menor ancho de las placas.

$$\beta_L = \frac{L_p}{d_1} = \frac{50,6}{10} = 5,06$$

$$\varepsilon = \frac{D_{ext}}{d_1} = \frac{12}{10} = 1,2$$

$$\tan \gamma = 0,362 + 0,032 \times \ln\left(\frac{\beta_L}{2}\right) + 0,153 \times \ln(\varepsilon)$$

$$\tan \gamma = 0,362 + 0,032 \times \ln\left(\frac{5,06}{2}\right) + 0,153 \times \ln(1,02) \rightarrow \gamma = 22,76^\circ$$

$$d_{max} = d_1 + L_p \times \tan(\gamma) = 10 + 50,6 \times \tan(22,76^\circ) = 31,23 \text{ [mm]}$$

Caso 3:

$D_{ext} = 20 < d_{max} = 31,23$ por lo que el área de presión sobre las placas tiene la forma de dos troncos de cono y un cilindro.

$$C_{cono} = \frac{\pi \times E_{cono} \times d_{ag} \times \tan(\gamma)}{\ln\left(\frac{(d_{max} - d_{ag}) \times (d_1 + d_{ag})}{(d_{max} + d_{ag}) \times (d_1 - d_{ag})}\right)}$$

$$C_{cono} = \frac{\pi \times (2 \times 10^5) \times 7 \times \tan(22,76^\circ)}{\ln\left(\frac{(31,23 - 7) \times (10 + 7)}{(31,23 + 7) \times (10 - 7)}\right)} = 1,443 \times 10^6 \text{ [N/mm]}$$

$$C_{cilindro} = \frac{\pi \times E_{cil} \times (D_{ext}^2 - d_{ag}^2)}{4 \times L_{cil}}$$

$$C_{cilindro} = \frac{\pi \times 2 \times 10^5 \times (12^2 - 7^2)}{4 \times 45,8} = 3,258 \times 10^5 \text{ [N/mm]}$$

$$\frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_{cono}} + \frac{1}{C_{cono}} + \frac{1}{C_{cil}} \rightarrow C_p = 2,244 \times 10^5 \text{ [N/mm]}$$

Cada soporte esta unido a la estructura por medio de 2 tornillos de cabeza hexagonal M6x60- grado 8.8, la unión es del tipo unión con tornillo y tuerca (UTT).

Calculo de la fuerza de asentamiento F_{as}

$$\delta_{as} = \delta_{en\ los\ hilos} + \delta_{cabeza} + \delta_{entre\ placas}$$

$$\delta_{as} = 3 + 4,5 + 2 + 2 \times (2,5) = 12,5 \mu\text{m}$$

$$F_{as} = \frac{C_{tor} \times C_p}{C_{tor} + C_p} \times \delta_{as} = \frac{(6,358 \times 10^4) \times (2,244 \times 10^5)}{(6,358 \times 10^4) + (2,244 \times 10^5)} \times \frac{12,5}{1000} = 619 \text{ [N]}$$

El soporte que se encuentra más esforzado es el que se ubica cerca a la polea, cada unión atornillada es sometida a carga transversal de 127 N, y a carga de compresión de 87 N, lo cual conlleva a que se debe de hallar el torque de ajuste para asegurar que las placas no deslicen entre sí, para ello se debe satisfacer la siguiente condición estática.

$$\mu \times F_{res} > F_{transv} = 127 \text{ [N]}$$

Considerando $\mu = 0,15$, la fuerza residual de ser mayor a 846 N, se asume 850 N.

$$FM_{min} = F_{res} - F_{ext/p} + F_{as}$$

$$FM_{min} = 850 - 87 \times \frac{2,244 \times 10^5}{6,36 \times 10^4 + 2,244 \times 10^5} + 619 = 1401 \text{ [N]}$$

$$FM_{max} = 1401 \times 1,5 = 2102 \text{ [N]}$$

Verificación de falla por fluencia

Se conoce el diámetro $d_2 = 5,35$ [mm]

Momento torsor de ajuste M_{tM}

$$M_{tM} = 2102 \times \tan(9,83^\circ + 3,03^\circ) \times \frac{5,35}{2} = 1284 \text{ [N - mm]}$$

Se conoce los diámetros: $d_3 = 4,773$ [mm] y $d_0 = 5,0615$ [mm]

El momento torsor de ajuste M_{tM} produce esfuerzos, lo cuales se calculan como sigue:

$$\sigma_M = \frac{4 \times FM_{max}}{\pi \times d_0^2} = \frac{4 \times 2102}{\pi \times 5,0615^2} = 104 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{tM} = \frac{16 \times M_{tM}}{\pi \times d_0^3} = \frac{16 \times 1284}{\pi \times 5,0615^3} = 50 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

El esfuerzo equivalente según Von Mises es:

$$\sigma_{eqM} = \sqrt{104^2 + 3 \times 50^2} = 115 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Para que no falle por fluencia se debe cumplir la siguiente inecuación:

$$\sigma_{eqM} = 115 \leq 0,9 \times \sigma_F = 576 \rightarrow \text{no falla}$$

Verificación por presión admisible en los filetes del tornillo

El área del filete del tornillo sometida a presión se halla según la siguiente ecuación:

$$A_c = \frac{\pi \times (d_1^2 - d_{ag}^2)}{4} = \frac{\pi \times (10^2 - 7^2)}{4} = 40 \text{ [mm}^2\text{]}$$

La presión en los filetes es:

$$P_{tor} = \frac{FM_{max}}{A_c} = \frac{2102}{40} = 52 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \leq P_{adm} = 420 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Momento de ajuste durante montaje M_{ajuste}

$$M_p = \mu \times FM_{max} \times \frac{d_1 + d_{ag}}{4} = 0,15 \times 2101 \times \frac{10 + 7}{4} = 1339 \text{ [N - mm]}$$

Finalmente, el momento de ajuste es:

$$M_{ajuste} = M_{tM} + M_p = 1339 + 1283 = 2622 \text{ [N - mm]}$$

- **Cálculo de la unión entre el motor eléctrico y la estructura para los tornillos M12x40**

Determinación de la constante de rigidez del tornillo C_{tor}

Las dimensiones características del tornillo se muestran en la siguiente tabla.

Tramo	Comentario	D_i [mm]	A_i [mm ²]	L_i [mm]
I	Cabeza	$d=12$	113,1	$0,5(d)=6$
II	Tramo sin rosca	$d=12$	113,1	2
IV	Tramo roscado libre	$d_3=9,853$	76,2	24
V	Tramo roscado dentro de la tuerca	$d_3=9,853$	76,2	$0,5(d)=6$
VI	Filetes en contacto	$d=12$	113,1	$0,4(d)=4,8$

$$\frac{1}{C_{tor}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} = \frac{1}{E} \times \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{A_i}$$

Se considera que el modulo de elasticidad "E" es 2×10^5 N/mm², luego reemplazando valores se obtiene C_{tor} igual a $3,948 \times 10^5$ N/mm.

Determinación de la constante de rigidez de las placas C_p :

Se tiene como datos conocidos:

$L_p=26$ [mm] Longitud entre placas

$d_1=18$ [mm] Diámetro de la cabeza del tornillo

$D_{ext}=34$ [mm] Diámetro de la circunferencia igual al menor ancho de las placas.

$$\beta_L = \frac{L_p}{d_1} = \frac{26}{18} = 1,44$$

$$\varepsilon = \frac{D_{ext}}{d_1} = \frac{34}{18} = 1,89$$

$$\tan \gamma = 0,362 + 0,032 \times \ln\left(\frac{\beta_L}{2}\right) + 0,153 \times \ln(\varepsilon)$$

$$\tan \gamma = 0,362 + 0,032 \times \ln\left(\frac{1,44}{2}\right) + 0,153 \times \ln(1,89) \quad \text{entonces: } \gamma = 24,17^\circ$$

$$d_{max} = d_1 + L_p \times \tan(\gamma) = 18 + 26 \times \tan(24,17^\circ) = 29,67 \text{ [mm]}$$

Caso 2:

$D_{ext} = 34 > d_{max} = 29,67$ por lo que el área de presión sobre las placas tiene la forma de dos troncos de cono.

$$C_{cono} = \frac{\pi \times E_{cono} \times d_{ag} \times \tan(\gamma)}{\ln\left(\frac{(d_{max} - d_{ag}) \times (d_1 + d_{ag})}{(d_{max} + d_{ag}) \times (d_1 - d_{ag})}\right)}$$

$$C_{cono} = \frac{\pi \times (2 \times 10^5) \times 12 \times \tan(24,17^\circ)}{\ln\left(\frac{(29,67 - 12) \times (18 + 12)}{(29,67 + 12) \times (18 - 12)}\right)} = 4,503 \times 10^6 \text{ [N/mm]}$$

$$\frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_{cono}} + \frac{1}{C_{cono}} \rightarrow C_p = 2,25 \times 10^6 \text{ [N/mm]}$$

El motor esta unido a la estructura por medio de 4 tornillos de cabeza hexagonal M12x40- grado 8.8, la unión es del tipo unión con tornillo y tuerca (UTT).

Calculo de la fuerza de asentamiento F_{as}

$$\delta_{as} = \delta_{en \text{ los hilos}} + \delta_{cabeza} + \delta_{entre \text{ placas}}$$

$$\delta_{as} = 3 + 4,5 + 2 + 5 \times (2,5) = 22 \mu\text{m}$$

$$F_{as} = \frac{C_{tor} \times C_p}{C_{tor} + C_p} \times \delta_{as} = \frac{(3,948 \times 10^5) \times (2,25 \times 10^6)}{(3,948 \times 10^5) + (2,25 \times 10^6)} \times \frac{22}{1000} = 7389 \text{ [N]}$$

La unión mas esforzada es la pata número "2" del motor, ella es sometida a fuerza externa de tracción de 84 N, y a fuerza transversal de 111 N, se calcula el torque de ajuste de dicha unión. Para asegurar que las placas no deslicen entre sí, se debe satisfacer la siguiente condición estática.

$$\mu \times F_{res} > F_{transv} = 111 \text{ [N]}$$

Considerando $\mu = 0,15$, la fuerza residual de ser mayor a 740 N, se asume 750 N.

$$FM_{min} = F_{res} + F_{ext/p} + F_{as}$$

$$FM_{min} = 750 + 84 \times \frac{(2,25 \times 10^6)}{(3,948 \times 10^5) + (2,25 \times 10^6)} + 7389 = 8210 \text{ [N]}$$

$$FM_{max} = 8210 \times 1,5 = 12315 \text{ [N]}$$

Verificación de falla por fluencia

Se conoce el diámetro $d_2 = 10,863$ [mm]

Momento torsor de ajuste M_{tM}

$$M_{tM} = FM_{\max} \times \tan(\rho' + K) \times \frac{d_2}{2} = 12\,315 \times \tan(9,83^\circ + 3,03^\circ) \times \frac{10,863}{2} = 15\,270 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

Se conoce los diámetros: $d_3 = 9,853$ [mm] y $d_0 = 10,358$ [mm]

El momento torsor de ajuste M_{tM} produce esfuerzos, lo cuales se calculan como sigue:

$$\sigma_M = \frac{4 \times FM_{\max}}{\pi \times d_0^2} = \frac{4 \times 12\,315}{\pi \times 10,358^2} = 146 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{tM} = \frac{16 \times M_{tM}}{\pi \times d_0^3} = \frac{16 \times 15\,270}{\pi \times 10,358^3} = 70 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

El esfuerzo equivalente según Von Mises es:

$$\sigma_{eqM} = \sqrt{146^2 + 3 \times 70^2} = 190 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Para que no falle por fluencia se debe cumplir la siguiente inecuación:

$$\sigma_{eqM} = 190 \leq 0,9 \times \sigma_F = 576 \rightarrow \text{no falla}$$

Verificación por presión admisible en los filetes del tornillo

El área del filete del tornillo sometida a presión se halla según la siguiente ecuación:

$$A_c = \frac{\pi \times (d_1^2 - d_{ag}^2)}{4} = \frac{\pi \times (18^2 - 12^2)}{4} = 141,4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

La presión en los filetes es:

$$P_{tor} = \frac{FM_{\max}}{A_c} = \frac{12\,315}{141,4} = 87,1 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \leq P_{adm} = 420 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Momento de ajuste durante montaje M_{ajuste}

$$M_p = \mu \times FM_{\max} \times \frac{d_1 + d_{ag}}{4} = 0,15 \times 12\,315 \times \frac{18 + 12}{4} = 13\,854 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

Finalmente, el momento de ajuste es:

$$M_{ajuste} = M_{tM} + M_p = 15\,270 + 13\,854 = 29\,124 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

ANEXO 10. Selección del motor eléctrico

Fuente: Catálogo de motores de la empresa WEG

[Consultado el 15 de noviembre de 2014] Disponible en:

< http://www.hd.ind.br/PDF/manual_TECNICO-motores.pdf >

Motor Monofásico IP55 Uso Rural



Potência	Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I _p /I _n	Conjugado nominal C _p (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C _p /C _n	Conjugado máximo C _{max} /C _n	Rendimento η%			Fator de potência Cos φ			Fator de serviço FS	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nivel médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
								50	75	100	50	75	100					

2 Pólos - 60 Hz

1/4	0,18	63	3430	2,10	4,5	0,052	2,6	2,7	42,0	48,0	55,0	0,59	0,66	0,72	1,15	0,0002	6,0	58,0	8,0
1/3	0,25	63	3450	3,7	5,0	0,068	2,5	2,7	36,0	44,0	49,0	0,58	0,61	0,63	1,15	0,0003	6,0	58,0	10,0
1/2	0,37	71	3485	4,00	5,2	0,102	2,3	3,0	43,0	50,0	55,0	0,60	0,69	0,76	1,15	0,0007	6,0	60,0	12,0
3/4	0,55	80	3510	5,60	5,7	0,152	2,3	2,7	48,0	53,0	60,0	0,67	0,71	0,76	1,15	0,0010	6,0	60,0	14,0
1,0	0,75	80	3500	7,00	6,8	0,204	2,2	2,6	60,0	65,0	67,0	0,52	0,65	0,72	1,15	0,0012	6,0	60,0	18,0
1,5	1,1	90S	3535	7,60	7,7	0,303	2,6	2,8	72,0	75,4	77,6	0,79	0,82	0,85	1,15	0,0020	6,0	62,0	26,0
2,0	1,5	90L	3535	10,0	7,2	0,405	3,0	2,6	71,0	73,0	74,4	0,78	0,86	0,90	1,15	0,0024	6,0	62,0	29,0
3,0	2,2	100L	3480	14,0	7,2	0,617	2,8	2,6	72,5	77,0	78,8	0,81	0,87	0,91	1,15	0,0064	6,0	63,0	32,0
4,0	3,0	W112M	3480	18,0	6,5	0,822	2,6	2,5	74,0	78,0	80,0	0,82	0,89	0,93	1,15	0,0072	6,0	63,0	36,0
5,0	3,7	112M	3490	22,0	7,0	1,02	2,8	2,8	77,0	79,0	87,0	0,90	0,94	0,95	1,15	0,0084	6,0	68,0	48,0
7,5	5,5	W132S	3480	32,0	6,5	1,13	2,2	2,2	81,0	83,0	84,0	0,92	0,93	0,94	1,15	0,0104	6,0	68,0	54,0
10,0	7,5	132M	3500	40,0	6,2	2,04	1,8	2,5	84,5	85,5	86,2	0,94	0,95	0,97	1,15	0,0243	6,0	70,0	72,0
*12,5	9,2	132M	3500	50,0	7,5	2,55	1,7	2,9	86,0	88,0	90,0	0,90	0,91	0,93	1,15	0,0317	6,0	70,0	81,0

4 Pólos - 60 Hz

1/6	0,12	63	1710	1,80	4,5	0,069	2,0	1,8	35,0	39,0	43,0	0,60	0,64	0,70	1,25	0,0004	6,0	53,0	8,0
1/4	0,18	71	1725	3,00	4,7	0,103	3,5	2,5	34,0	40,0	44,0	0,48	0,56	0,62	1,15	0,0006	6,0	52,0	10,0
1/3	0,25	71	1720	3,80	4,0	0,137	2,8	2,0	39,0	44,0	76,0	0,47	0,55	0,62	1,15	0,0009	6,0	52,0	11,0
1/2	0,37	80	1750	4,50	5,5	0,204	2,3	2,6	51,0	55,0	58,0	0,57	0,61	0,64	1,15	0,0027	6,0	53,0	16,0
3/4	0,55	80	1740	6,5	5,5	0,308	2,0	2,2	54,0	60,0	62,0	0,52	0,60	0,66	1,15	0,0030	6,0	53,0	18,0
1,0	0,75	80	1720	6,25	5,0	0,416	2,0	2,0	63,0	67,0	68,6	0,63	0,70	0,78	1,15	0,0037	6,0	53,0	20,0
1,0	0,75	90S	1760	6,00	8,2	0,406	3,0	2,5	62,0	66,0	68,0	0,75	0,79	0,82	1,15	0,0039	6,0	55,0	27,0
1,5	1,1	90L	1760	7,50	8,5	0,610	2,8	2,9	66,0	72,0	75,2	0,77	0,85	0,89	1,15	0,0052	6,0	55,0	30,0
2,0	1,5	100L	1725	10,5	6,0	0,830	2,6	2,5	66,0	71,0	72,4	0,77	0,84	0,88	1,15	0,0084	6,0	57,0	39,0
3,0	2,2	W112M	1750	14,0	7,0	1,22	2,4	2,8	70,0	76,0	78,8	0,85	0,88	0,91	1,15	0,0100	6,0	57,0	40,0
4,0	3,0	112M	1745	19,0	7,1	1,64	2,9	2,6	74,0	79,0	80,0	0,81	0,88	0,90	1,15	0,0183	6,0	54,0	52,0
5,0	3,7	W132S	1745	22,0	7,5	2,05	3,2	2,7	77,0	80,0	82,0	0,85	0,91	0,93	1,15	0,0187	6,0	54,0	55,0
7,5	5,5	132M	1730	33,5	6,5	3,10	3,2	2,5	77,0	80,0	81,4	0,85	0,90	0,92	1,15	0,0380	6,0	58,0	65,0
10,0	7,5	132M	1740	42,0	6,5	4,11	2,5	2,4	78,0	81,5	82,0	0,95	0,96	0,97	1,15	0,0500	6,0	58,0	76,0
*12,5	9,2	132M	1740	50,0	7,0	5,14	2,2	2,4	79,0	84,0	85,3	0,95	0,96	0,98	1,15	0,0558	6,0	71,0	90,0

