

CONTENIDO

	Página	
<u>Capítulo 2 Resistencia de materiales</u>	2	
Tabla 2.1 Coeficientes para el cálculo de esfuerzos y del ángulo de torsión en un elemento de sección rectangular sometido a torsión	2	
<u>Capítulo 3 Factores de seguridad</u>	2	
Tabla 3.1 Tabla de factores de seguridad. Valores mínimos recomendados	2	
<u>Capítulo 5 Fatiga</u>	2	
Límites y resistencias a la fatiga	2	
Factores de reducción de resistencia a la fatiga	3	
Figura 5.11 Factores de superficie para el acero. Pueden aplicarse a otros metales dúctiles, pero como valores aproximados	3	
Factor de tamaño (K_b): ecuaciones 5.21 a 5.25	3	
Tabla 5.2 Factor de confiabilidad (K_c)	3	
Factor de temperatura (K_d): ecuación 5.26.c	3	
Factor de carga (K_{car}): ecuación 5.28	3	
Figura 5.16 Curvas para la determinación del índice de sensibilidad a la entalla, q	4	
Tabla 5.3 Constante de Neuber para aceros	5	
Tabla 5.4 Factores de concentración de esfuerzos por fatiga para roscas, válidos para elementos de acero sometidos a tracción o flexión	5	
Tabla 5.5 Factores de concentración de esfuerzos por fatiga para chaveteros en ejes de acero de sección circular maciza	5	
<u>Capítulo 7 Árboles</u>	5	
Diámetros interiores de rodamientos FAG	5	
Tabla 7.1 Deformaciones permisibles de árboles	6	
<u>Capítulo 8 Tornillos</u>	6	
Tabla 8.1 Dimensiones de roscas unificadas (UNS), serie de roscas bastas (UNC) y finas (UNF)	6	
Tabla 8.2 Dimensiones de roscas métricas ISO, series de pasos bastos y finos	7	
Tabla 8.3 Especificaciones SAE para pernos UNS de acero	7	
Tabla 8.4 Especificaciones para pernos métricos de acero	7	
Tabla 8.5 Parámetros para el cálculo de la constante elástica de las partes a unir	8	
Tabla 8.7 Principales dimensiones de las roscas Acme americana estándar	8	
Tabla 8.6 Coeficientes W_i y W_o para roscas estándar	8	
Tabla 8.8 Altura de trabajo del filete de roscas estándar	8	
<u>Capítulo 10 Ajustes y tolerancias</u>	9	
Tabla 10.1 Tolerancias fundamentales en micrómetros (μm) (tolerancias ISO, menos de 500 mm)	9	
Tabla 10.2 Descripción y aplicaciones de los ajustes preferentes	9	
Figura 10.14 Ajustes preferentes del sistema de agujero base	10	
Figura 10.15 Ajustes preferentes del sistema de eje base	10	
Tabla 10.3 Desviaciones fundamentales en milímetros (mm) para zonas de tolerancia de ejes	10	
Tabla 10.4 Desviaciones fundamentales en milímetros (mm) para zonas de tolerancia de agujeros	11	
<u>Referencias</u>	11	

Tabla 2.1 Coeficientes para el cálculo de esfuerzos y del ángulo de torsión en un elemento de sección rectangular sometido a torsión.

a/b	1	1.5	2	3	4	6	8	10	∞
α	0.208	0.231	0.246	0.267	0.282	0.299	0.307	0.313	0.333
β	0.141	0.196	0.229	0.263	0.281	0.299	0.307	0.313	0.333
γ	1.000	0.858	0.796	0.753	0.745	0.743	0.743	0.743	0.743

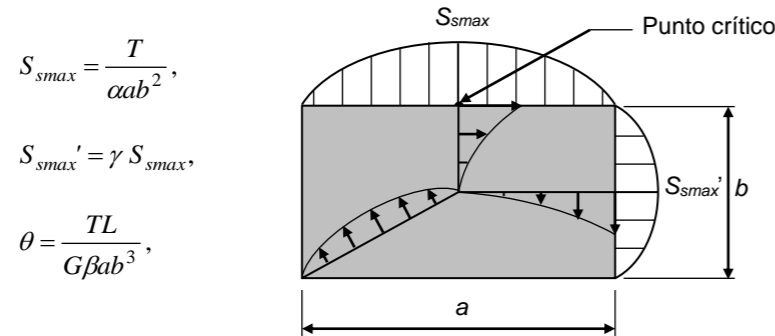


Tabla 3.1 Tabla de factores de seguridad. Valores mínimos recomendados. Modificada de Faïres^[1].

TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 - 4	1.5 - 2	5 - 6	7

Las siguientes recomendaciones **NO** se deben adoptar si se hace análisis por fatiga

Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 - 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 - 12	15
Choque fuerte	10 - 15	5 - 7	15 - 20	20

* Resistencia máxima se refiere a S_u , S_{uc} o S_{us} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

** Resistencia de fluencia se refiere a S_y , S_{yc} o S_{ys} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

Los factores de seguridad dados en las tres últimas filas de la tabla están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc. (fatiga). Para esto usar como base los valores de la primera fila.

LÍMITES Y RESISTENCIAS A LA FATIGA (fuentes: Norton^[2] y Faïres^[1]):

- Para la mayoría de los aceros (bajo carbono, aleados, inoxidables)
 - $S_e' \approx 0.5 S_u$; para $S_u < 1380 \text{ MPa (200 ksi)}$ (5.2)
 - $S_e' \approx 690 \text{ MPa} = 100 \text{ ksi}$; para $S_u \geq 1380 \text{ MPa (200 ksi)}$ (5.3)
 - $S_e' [\text{MPa}] \approx (1.72)(\text{Dureza [HB]})$; para Dureza $< 400 \text{ HB}$ (5.4)
- Otra fuente recomienda usar para aceros tratados térmicamente lo siguiente
 - $S_e' \approx (0.23 \text{ a } 0.5) S_u$
 - $S_e' \approx (1.72)(400) \text{ MPa}$; para Dureza $\geq 400 \text{ HB}$
- Para aceros aleados de alta resistencia **Lessells**^[citado en 1] recomienda
 - $S_e' \approx a S_y + b S_u$, (5.7)
 - donde a y b se obtienen mediante interpolación rectilínea de los siguientes datos

Tabla 5.1 Coeficientes a y b para la ecuación 5.7.

S_y (MPa)	a	S_u (MPa)	b
588	0.2	588	0.45
1310	0.4	1372	0

- Para aleaciones de aluminio
 - $S_f'_{@5 \times 10^8} \approx 0.4 S_u$, para $S_u < 330 \text{ MPa (48 ksi)}$ (5.8.a)
 - $S_f'_{@5 \times 10^8} \approx 132 \text{ MPa} = 19 \text{ ksi}$, para $S_u \geq 330 \text{ MPa (48 ksi)}$ (5.8.b)
- Para aleaciones de cobre
 - $S_f'_{@5 \times 10^8} \approx 0.4 S_u$, para $S_u < 276 \text{ MPa (40 ksi)}$ (5.9.a)
 - $S_f'_{@5 \times 10^8} \approx 96 \text{ MPa} = 14 \text{ ksi}$, para $S_u \geq 276 \text{ MPa (40 ksi)}$ (5.9.b)
- Otros
 - Acero fundido $S_e' \approx 0.4 S_u$ (5.10.a)
 - Hierro fundido gris $S_e' \approx 0.35 S_u$; (5.10.b)
 - Hierro fundido nodular $S_e' \approx 0.4 S_u$ (5.10.c)
 - Hierro fundido nodular normalizado $S_e' \approx 0.33 S_u$ (5.10.d)
- Alternativamente, para los hierros
 - $S_e' \approx 0.4 S_u$; $S_u < 400 \text{ MPa (60 ksi)}$. (5.11.a)
 - $S_e' \approx 160 \text{ MPa} = 24 \text{ ksi}$; $S_u \geq 400 \text{ MPa}$. (5.11.b)

FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA A LA FATIGA

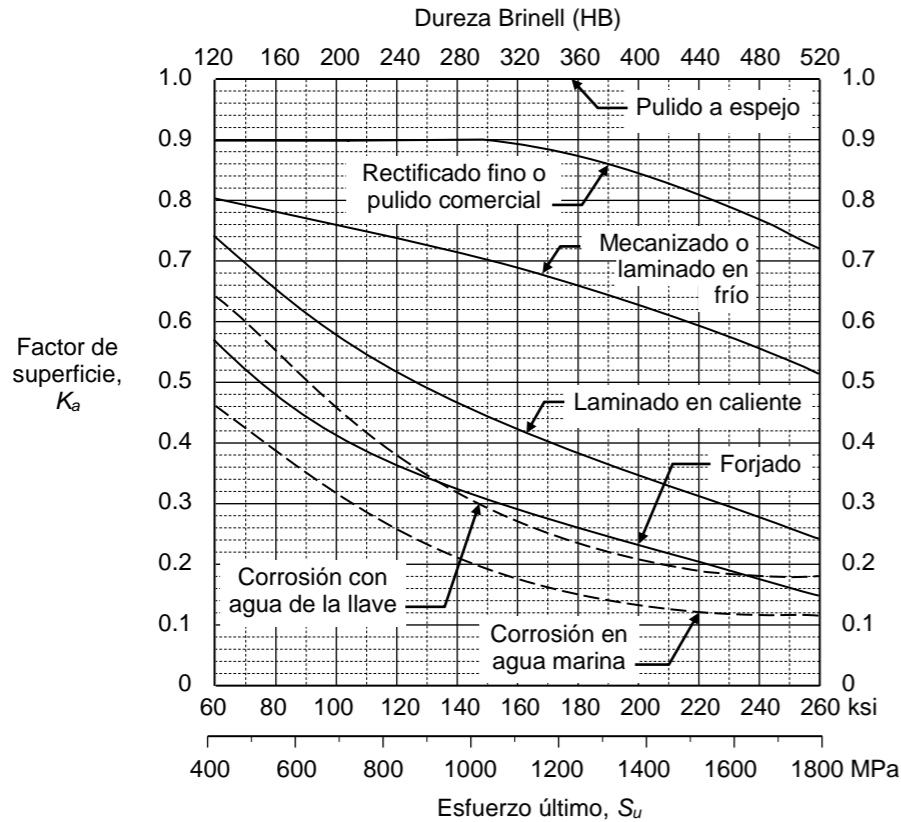


Figura 5.11 Factores de superficie para el acero. Fuente: Juvinal^[3]. Pueden aplicarse a otros metales dúctiles, pero como valores aproximados^[2]

$$\left. \begin{aligned}
 &K_b = 1, \quad \text{si } d_e \leq 8 \text{ mm (0.3in)} \\
 &K_b = 1.24d_e^{-0.107}, \quad \text{si } 8 \leq d_e \leq 51 \text{ mm} \\
 &K_b = 1.51d_e^{-0.157}, \quad \text{si } 51 < d_e \leq 254 \text{ mm} \\
 &(K_b = 0.879d_e^{-0.107}, \quad \text{si } 0.3 \leq d_e \leq 2 \text{ in}) \\
 &(K_b = 0.91d_e^{-0.157}, \quad \text{si } 2 < d_e \leq 10 \text{ in}) \\
 &K_b \approx 0.6, \quad \text{si } d_e > 254 \text{ mm (10in)}^{[1]},
 \end{aligned} \right\} \text{Flexión o torsión} \quad (5.21)$$

$$K_b = 1. \} \text{Carga axial} \quad (5.22)$$

Para secciones circulares de diámetro d , sometidos a:

$$\text{Flexión giratoria:} \quad d_e = d. \quad (5.23.a)$$

$$\text{Flexión no giratoria:} \quad d_e = 0.37d. \quad (5.23.b)$$

$$\text{Torsión:} \quad d_e = d. \quad (5.23.c)$$

Para secciones rectangulares o en 'I' sometidas a flexión **no** giratoria:

$$\text{Sección rectangular de área } hb: \quad d_e = 0.808 \sqrt{hb}. \quad (5.24)$$

$$\text{Sección en 'I' (figura 5.14):} \quad d_e = 0.808 \sqrt{hb}, \text{ si } t_h > 0.025h. \quad (5.25)$$

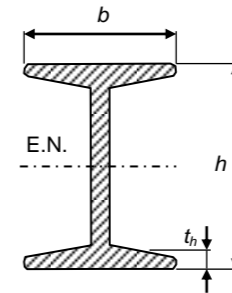


Figura 5.14 Sección en 'I'

Tabla 5.2 Factor de confiabilidad (K_c).

Confiabilidad (%)	50	90	99	99.9	99.99	99.999
K_c	1	0.897	0.814	0.753	0.702	0.659

$$K_d = 1, \quad \text{si } 20^\circ\text{C} \leq T_{emp} \leq 250^\circ\text{C}. \quad \text{SÓLO PARA ACEROS} \quad (5.26.c)$$

$$K_{car} = 1, \quad \text{para flexión.} \quad (5.28.a)$$

$$K_{car} = 0.7, \quad \text{para carga axial.} \quad (5.28.b)$$

$$K_{car} = 0.577, \quad \text{para torsión (y cortante),} \quad (5.28.c)$$

$$K_{car} = 1, \quad \text{para torsión (y cortante), calculando los esfuerzos equiv. de von Mises} \quad (5.28.d)$$

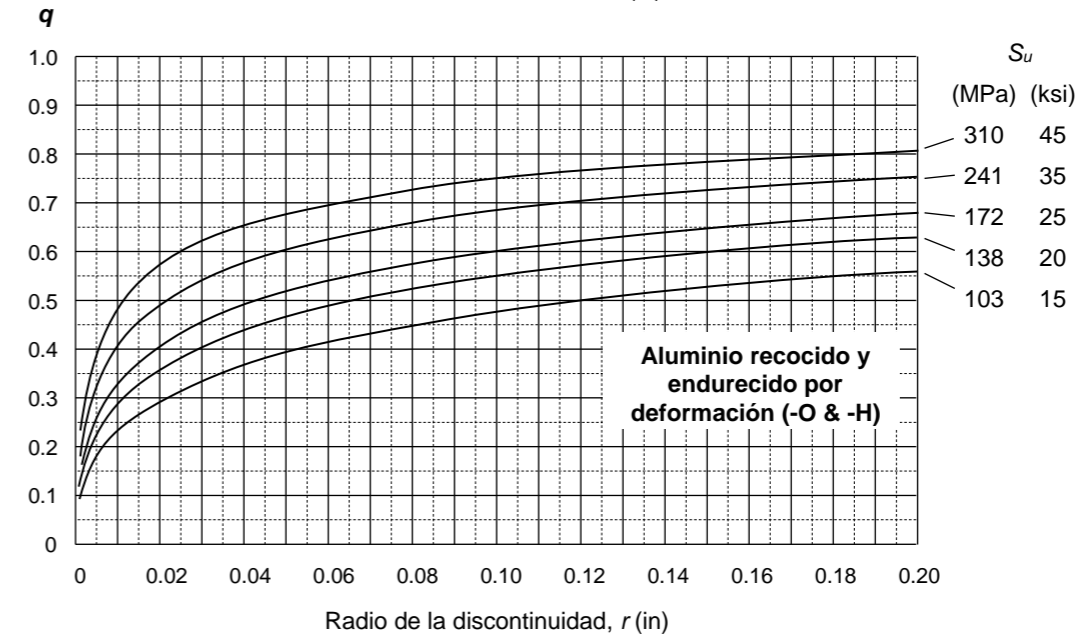
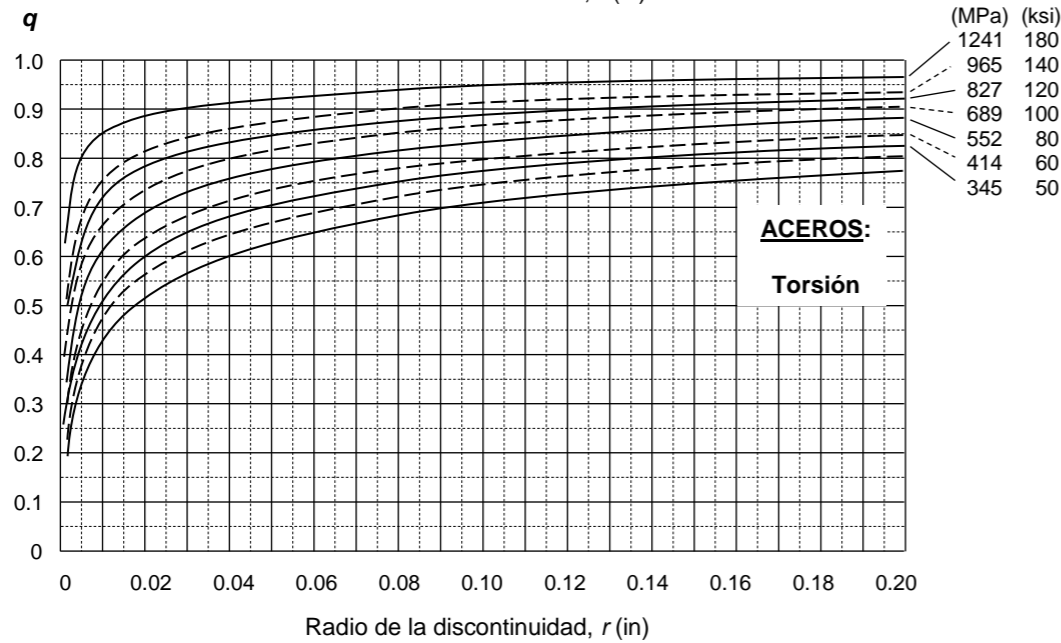
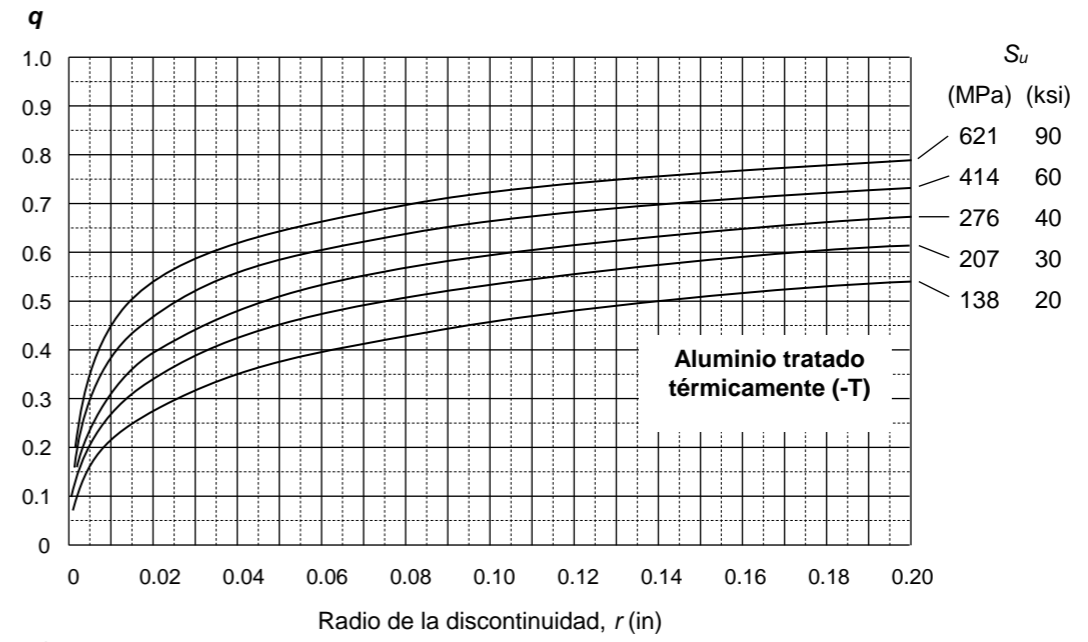
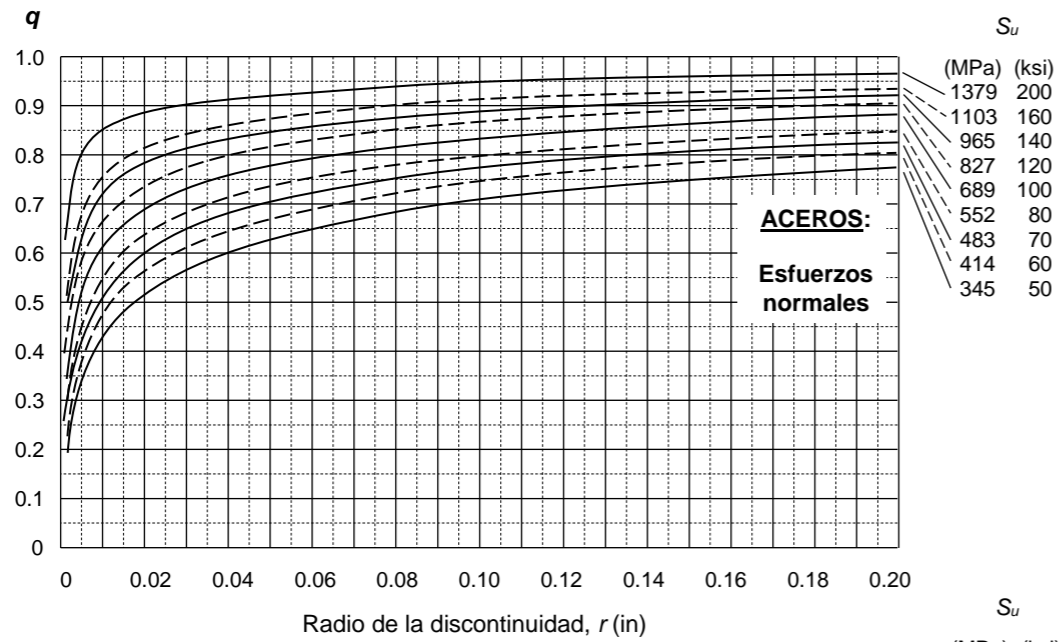


Figura 5.16 Curvas para la determinación del índice de sensibilidad a la entalla, q

Tabla 5.3 Constante de Neuber para aceros (fuente: Norton^[2]).

S_u		\sqrt{a}			
		Carga axial y flexión		Torsión	
(ksi)	(MPa)	(in ^{0.5})	(mm ^{0.5})	(in ^{0.5})	(mm ^{0.5})
50	345	0.130	0.66	0.093	0.47
55	380	0.118	0.59	0.087	0.44
60	415	0.108	0.54	0.080	0.40
70	485	0.093	0.47	0.070	0.35
80	550	0.080	0.40	0.062	0.31
90	620	0.070	0.35	0.055	0.28
100	690	0.062	0.31	0.049	0.25
110	760	0.055	0.28	0.044	0.22
120	825	0.049	0.25	0.039	0.20
130	895	0.044	0.22	0.035	0.18
140	965	0.039	0.20	0.031	0.16
160	1100	0.031	0.16	0.024	0.12
180	1240	0.024	0.12	0.018	0.09
200	1380	0.018	0.09	0.013	0.07
220	1515	0.013	0.07	0.009	0.05
240	1655	0.009	0.05		

Los valores de la constante de Neuber para torsión equivalen a los de esfuerzos normales, cuando se toma un valor de S_u que sea 20 ksi (138 MPa) mayor que el del material.

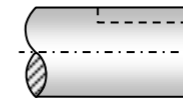
Tabla 5.4 Factores de concentración de esfuerzos por fatiga para roscas, válidos para elementos de acero sometidos a tracción o flexión (fuentes: Faies^[1] y Norton^[2]).

Clase de rosca	K_f (tracción o flexión)			
	Recocida Dureza < 200 HB Grado SAE ≤ 2 Clase SAE (ISO) ≤ 5.8		Endurecida Dureza > 200 HB Grado SAE ≥ 4 Clase SAE (ISO) ≥ 6.6	
	Laminada	Tallada	Laminada	Tallada
	Unified National Standard (UNS) con raíces planas Cuadrada	2.2	2.8	3.0
Unified Nacional Standard (UNS) con raíces redondeadas	1.4	1.8	2.6	3.3

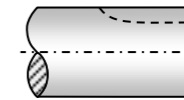
Los grados y clases de los pernos se dan en las tablas 8.3 y 8.4.

Tabla 5.5 Factores de concentración de esfuerzos por fatiga para chaveteros en ejes de acero de sección circular maciza (fuente: Faies^[1]).

Clase de chavetero	K_f			
	Recocido, dureza menor que 200 HB		Endurecido, dureza mayor que 200 HB	
	Flexión	Torsión	Flexión	Torsión
Perfil	1.6	1.3	2.0	1.6
Patín	1.3	1.3	1.6	1.6



Chavetero de perfil



Chavetero de patín

DIÁMETROS INTERIORES DE RODAMIENTOS FAG^[4]

Los diámetros interiores de las pistas internas de los rodamientos FAG^{®[4]} (equivalentes al diámetro del árbol), en mm, son¹:

- **Rodamientos rígidos de bolas con una hilera:** 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 530, 560, 600, 670, 750, 850.
- **Rodamientos de rodillos cilíndricos con una hilera:** 15, 17, 20, 22.1, 25, 26.5, 30, 31.5, 35, 37.5, 40, 42, 44, 45, 47, 49.5, 50, 52.5, 54.5, 55, 57.5, 59.5, 60, 64.5, 65, 66, 69.5, 70, 72, 74.5, 75, 78.5, 80, 83.5, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 560, 630, 670, 710, 800.

¹ Para seleccionar otro tipo de rodamiento debe recurrirse al catálogo respectivo.

Tabla 7.1 Deformaciones permisibles de árboles. Fuente: (Ivanov^[5]).

Deformación	Aplicación	Deformación permisible*
Deflexión (debida a flexión)	Deflexión máxima en árboles que soportan ruedas dentadas	$[y] = (0.0002...0.0003)L$, donde L es la distancia entre apoyos
	En el sitio de asiento de ruedas dentadas cilíndricas	$[y] = (0.01...0.03)m$, donde m es el módulo de la transmisión
	En el sitio de asiento de ruedas dentadas cónicas e hipoidales	$[y] = (0.005...0.007)m$, donde m es el módulo de la transmisión
	Deflexión máxima en los árboles de los motores asíncronos	$[y] = 0.1h$, donde h es la holgura entre el rotor y el estator
	Deflexión máxima en árboles de ventiladores	$[y] = (0.0003...0.0005)D$, donde D es el diámetro del rotor
Deflexión angular (debida a flexión)	En el sitio de asiento de ruedas dentadas	$[\varphi] = 0.001$ rad
	En un cojinete	$[\varphi] = 0.001$ rad
	En el asiento de rodamientos de bolas	$[\varphi] = 0.01$ rad
	En el asiento de rodamientos de rodillos cilíndricos	$[\varphi] = 0.0025$ rad
	En el asiento de rodamientos cónicos	$[\varphi] = 0.0016$ rad
	En el asiento de rodamientos esféricos	$[\varphi] = 0.05$ rad
Ángulo de torsión (por unidad de longitud)	Grúas desplazables y portátiles	$[\theta/L] = 0.0045...0.006$ rad/m
	Husillos de tornos y taladros	$[\theta/L] = 0.00175$ rad/m
	Árboles medios de destinación general	$[\theta/L] = 0.009$ rad/m
	Árboles de cardanes de vehículos ($d = 30...50$ mm)	$[\theta/L] = 0.005...0.007$ rad/m

* Otras recomendaciones^[6] indican que: $y \leq 0.005$ in en los asientos de ruedas dentadas; $\varphi_1 + \varphi_2 < 0.03^\circ$, donde φ_1 y φ_2 son las deflexiones angulares de un par de ruedas dentadas engranando; y que y en cojinetes de contacto deslizante debe ser menor que el espesor de la película de aceite.

* El módulo, m , de una transmisión por ruedas dentadas es un parámetro que define el tamaño de los dientes.

Tabla 8.1 Dimensiones de roscas unificadas (UNS), serie de roscas bastas (UNC) y finas (UNF).

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) d (in)	ROSCA BASTA (UNC)			ROSCA FINA (UNF)			Ancho aproximado entre caras A (in)	
		Hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Cabeza	Tuerca
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018		
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028		
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039		
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052		
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066		
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083		
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101		
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147		
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200		
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258		
¼	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364	7/16	7/16
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581	½	½
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878	9/16	9/16
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187	5/8	11/16
½	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600	¾	¾
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030	13/16	7/8
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560	15/16	15/16
¾	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730	1 1/8	1 1/8
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095	1 5/16	1 5/16
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630	1 ½	1 ½
1 1/8	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557	1 11/16	1 11/16
1 ¼	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729	1 7/8	1 7/8
1 3/8	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147	2 1/16	2 1/16
1 ½	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810	2 ¼	2 ¼
1 ¾	1.7500	5	1.4902	1.8995				2 5/8	2 5/8
2	2.0000	4.5	1.7113	2.4982				3	3
2 ¼	2.2500	4.5	1.9613	3.2477				3 3/8	3 3/8
2 ½	2.5000	4	2.1752	3.9988				3 ¾	3 ¾
2 ¾	2.7500	4	2.4252	4.9340				4 1/8	4 1/8
3	3.0000	4	2.6752	5.9674				4 ½	4 ½
3 ¼	3.2500	4	2.9252	7.0989				4 7/8	
3 ½	3.5000	4	3.1752	8.3286				5 ¼	
3 ¾	3.7500	4	3.4252	9.6565				5 5/8	
4	4.0000	4	3.6752	11.083				6	

La longitud roscada de los tornillos UNS está dada por $L_r = 2d + 0.25$ in, si la longitud total, L_T , es menor o igual a 6 in, y por $L_r = 2d + 0.50$ in, si L_T es mayor de 6 in.

Tabla 8.2 Dimensiones de roscas métricas ISO, series de pasos bastos y finos.

Diámetro mayor (nominal) d (mm)	ROSCA BASTA			ROSCA FINA		
	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.4	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.7	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.5	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.8	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.4	1.50	20.16	333.50
24.0	3.00	20.32	352.5	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.4	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.6	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.6	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.7	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.8	3.00	35.32	1028.4

La longitud roscada de los tornillos métricos está dada por $L_r = 2d + 6$ mm, si $L_T \leq 125$ mm y $d \leq 48$, por $L_r = 2d + 12$ mm, si $125 \text{ mm} < L_T \leq 200$ mm, y por $L_r = 2d + 25$ mm, si $L_T > 200$ mm.

Tabla 8.3 Especificaciones SAE para pernos UNS de acero.

Grado SAE	Intervalo de tamaños (inclusive) (in)	Resistencia límite mínima a la tracción S_p (ksi)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción S_y (ksi)	Resistencia última mínima a la tracción S_u (ksi)	Características del acero
1	¼ a 1½	33	36	60	Medio o bajo carbono
2	¼ a ¾	55	57	74	Medio o bajo carbono
	7/8 a 1½	33	36	60	
4	¼ a 1½	65	100	115	Medio carbono estirado en frío
5	¼ a 1	85	92	120	Medio carbono templado y revenido
	1 1/8 a 1½	74	81	105	
5.2	¼ a 1	85	92	120	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
7	¼ a 1½	105	115	133	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8	¼ a 1½	120	130	150	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8.2	¼ a 1	120	130	150	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido

Tabla 8.4 Especificaciones para pernos métricos de acero.

Clase	Intervalo de tamaños (inclusive) (mm)	Resistencia límite mínima a la tracción S_p (MPa)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción S_y (MPa)	Resistencia última mínima a la tracción S_u (MPa)	Características del acero
4.6	M5-M36	225	240	400	Medio o bajo carbono
4.8	M1.6-M16	310	340	420	Medio o bajo carbono
5.8	M5-M24	380	420	520	Medio o bajo carbono
8.8	M16-M36	600	660	830	Medio o bajo carbono, templado y revenido
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Medio o bajo carbono, templado y revenido
10.9	M5-M36	830	940	1040	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220	De aleación, templado y revenido

Tabla 8.5 Parámetros para el cálculo de la constante elástica de las partes a unir. Modificada de Wileman *et al.*, [7].

Material	E (GPa)	ν	a	b
Acero	207	0.29	0.7872	0.6287
Aluminio	71	0.33	0.7967	0.6382
Cobre	119	0.33	0.7957	0.6355
Hierro fundido gris	100	0.21	0.7787	0.6162

Tabla 8.7 Principales dimensiones de las roscas Acme americana estándar.

Diámetro mayor d (in)	Diámetro medio d_m (in)	Diámetro menor d_r (in)	Paso (in)	Hilos por pulgada	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)
0.250	0.219	0.188	0.063	16	0.032
0.313	0.277	0.241	0.071	14	0.053
0.375	0.333	0.292	0.083	12	0.077
0.438	0.396	0.354	0.083	12	0.110
0.500	0.450	0.400	0.100	10	0.142
0.625	0.563	0.500	0.125	8	0.222
0.750	0.667	0.583	0.167	6	0.307
0.875	0.792	0.708	0.167	6	0.442
1.000	0.900	0.800	0.200	5	0.568
1.125	1.025	0.925	0.200	5	0.747
1.250	1.150	1.050	0.200	5	0.950
1.375	1.250	1.125	0.250	4	1.108
1.500	1.375	1.250	0.250	4	1.353
1.750	1.625	1.500	0.250	4	1.918
2.000	1.875	1.750	0.250	4	2.580
2.250	2.083	1.917	0.333	3	3.142
2.500	2.333	2.167	0.333	3	3.976
2.750	2.583	2.417	0.333	3	4.909
3.000	2.750	2.500	0.500	2	5.412
3.500	3.250	3.000	0.500	2	7.670
4.000	3.750	3.500	0.500	2	10.32
4.500	4.250	4.000	0.500	2	13.36
5.000	4.750	4.500	0.500	2	16.80

Tabla 8.6 Coeficientes W_i y W_o para roscas estándar.

Tipo de filete	W_i	W_o
UNS/ISO	0.80	0.88
Cuadrada	0.50	0.50
Acme	0.77	0.63
Diente de sierra	0.90	0.83

Tabla 8.8 Altura de trabajo del filete de roscas estándar.

Tipo de filete	h
Cuadrada	$p/2$
Acme	$p/2$
Diente de sierra	$0.663p$

Tabla 10.1 Tolerancias fundamentales en micrómetros (μm) (tolerancias ISO, menos de 500 mm) (tomada de Jiménez^[8], página 29).

Grupos de dimensiones en mm		Calidad																	
Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250*	400*	600*
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* Hasta 1 mm las calidades 14 a 16 no están previstas.

Tabla 10.2 Descripción y aplicaciones de los ajustes preferentes.

SÍMBOLO ISO		DESCRIPCIÓN**	APLICACIONES
Agujero base	Eje base		
H11/c11	C11/h11	Movimiento grande, amplio: ajuste para tolerancias comerciales amplias o para elementos exteriores.	Cojinetes en maquinaria agrícola y doméstica, equipos de minería, topes, pasadores.
H9/d9	D9/h9	Movimiento libre: no debe emplearse cuando la precisión sea algo esencial. Es adecuado para grandes variaciones de temperatura, velocidades de giro elevadas, o presiones elevadas en la pieza macho.	Cojinetes giratorios donde la velocidad de giro es mayor o igual a 600 R.P.M., soportes de ejes en grúas, carretillas, transmisiones y maquinaria agrícola.
H8/f7	F8/h7	Movimiento limitado: para máquinas de precisión y para posicionamiento preciso en caso de velocidades moderadas y presión en la pieza macho.	Montajes deslizantes donde la velocidad es menor de 600 r/min, construcción de máquinas herramientas de precisión, partes de automotores.
H7/g6	G7/h6	Ajuste deslizante: cuando no se pretende que las piezas se muevan libremente, una respecto a la otra, pero pueden girar entre sí y colocarse con precisión.	Collares de retención, émbolos de frenos de aceite, acoplamiento de platillos desembragables, bridas de centrar para tuberías y válvulas.
H7/h6	H7/h6	Posicionamiento con juego: proporciona cierto apriete. Es adecuado para posicionar piezas estacionarias, pero pueden montarse y desmontarse fácilmente.	Engranajes de cambios de velocidades, ejes de contrapunto, mangos de volantes de mano, columnas guía de taladros radiales, brazo superior de fresadoras.
H7/k6	K7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento de precisión, es un compromiso entre el juego y la interferencia.	Engranajes en husillos, poleas fijas y volantes en ejes, discos de excéntrica, manivelas para pequeños esfuerzos.
H7/n6	N7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento más preciso en el que se requiere y admite una interferencia mayor.	Casquillos de bronce, collares calados sobre ejes, piñones en ejes motores, inducidos en dinamos.
H7/p6*	P7/h6	Posicionamiento con interferencia: para piezas que requieran rigidez y alineación muy precisas pero sin requisitos especiales de presión en el agujero.	
H7/s6	S7/h6	Sin movimiento o fijo: para piezas de acero normales o ajustes forzados en secciones pequeñas. Es el ajuste más apretado admisible en piezas de fundición.	Casquillos de bronce en cajas, cubos de ruedas y bielás, coronas de bronce en ruedas helicoidales y engranajes, acoplamiento en extremos de ejes.
H7/u6	U7/h6	Forzado: para piezas que van a funcionar muy cargadas, para ajustes forzados en los que las fuerzas de apriete requeridas no son factibles en la práctica.	

* Ajuste de transición para tamaños básicos comprendidos entre 0 y 3 mm.

** Tomada de Mitutoyo, Márgenes y Tolerancias. Impreso por Equipos y Controles Industriales (eci), Bogotá D.C..

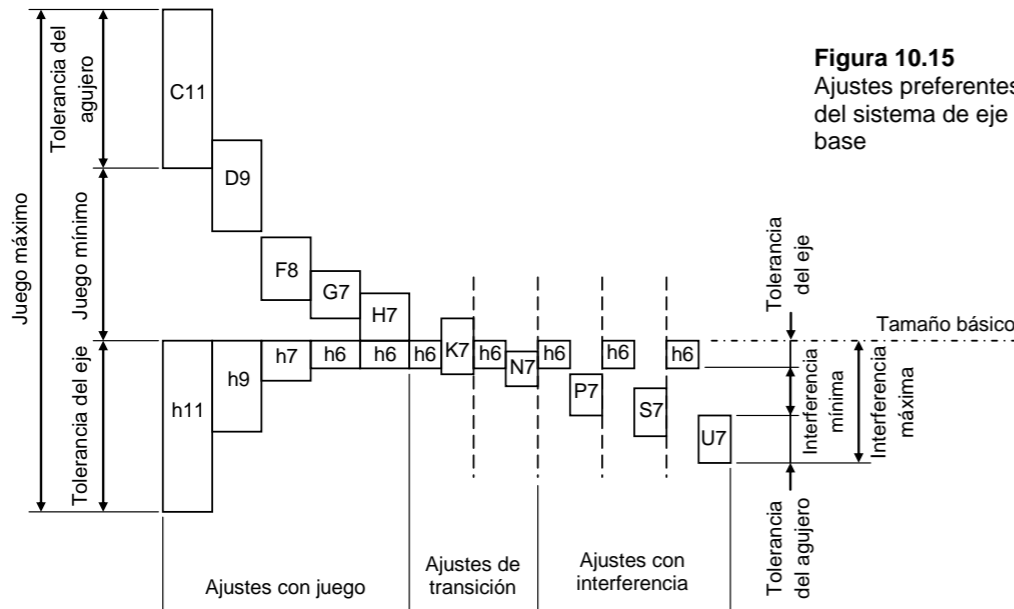
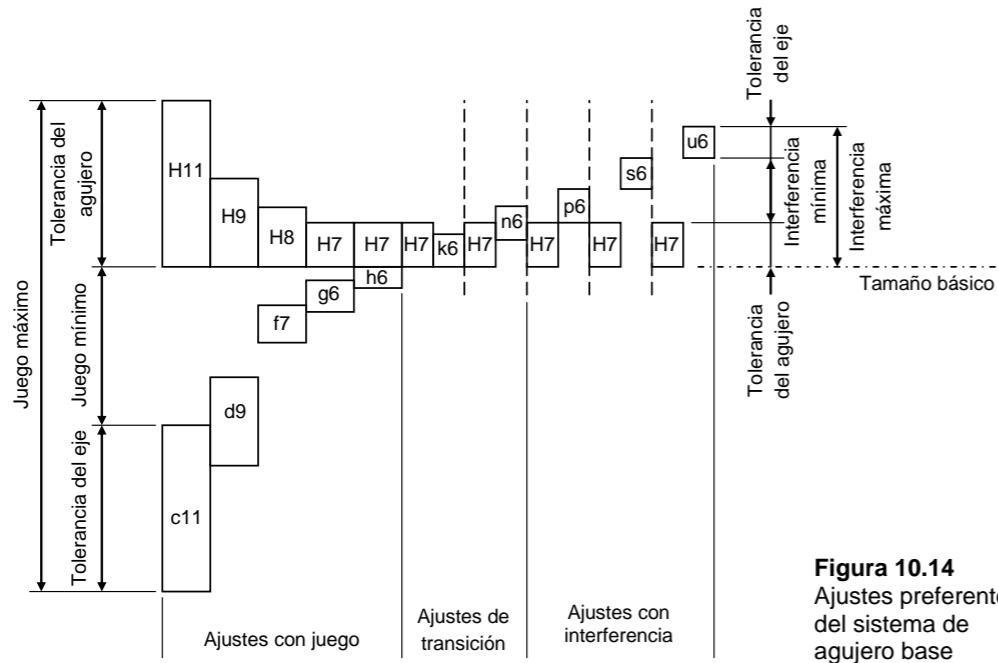


Tabla 10.3 Desviaciones fundamentales en milímetros (mm) para zonas de tolerancia de ejes (tomada de Jiménez^[8]). Los intervalos de tamaños básicos son sobre el límite inferior e incluyendo el límite superior.

Tamaños básicos (mm)	Desviación fundamental (mm)									
	Desviación superior					Desviación inferior				
	c	d	f	g	h	k	n	p	s	u
0-3	-0.060	-0.020	-0.0006	-0.002	0	0	+0.004	+0.006	+0.014	+0.018
3-6	-0.070	-0.030	-0.010	-0.004	0	+0.001	+0.008	+0.012	+0.019	+0.023
6-10	-0.080	-0.040	-0.013	-0.005	0	+0.001	+0.010	+0.015	+0.023	+0.028
10-14	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
14-18	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
18-24	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.041
24-30	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.048
30-40	-0.120	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.060
40-50	-0.130	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.070
50-65	-0.140	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.053	+0.087
65-80	-0.150	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.059	+0.102
80-100	-0.170	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.071	+0.124
100-120	-0.180	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.079	+0.144
120-140	-0.200	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.092	+0.170
140-160	-0.210	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.100	+0.190
160-180	-0.230	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.108	+0.210
180-200	-0.240	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.122	+0.236
200-225	-0.260	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.130	+0.258
225-250	-0.280	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.140	+0.284
250-280	-0.300	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.158	+0.315
280-315	-0.330	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.170	+0.350
315-355	-0.360	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.190	+0.390
355-400	-0.400	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.208	+0.435
400-450	-0.440	-0.230	-0.068	-0.020	0	+0.005*	+0.040	+0.068	+0.232	+0.490
450-500	-0.480	-0.230	-0.068	-0.020	0	+0.005*	+0.040	+0.068	+0.252	+0.540

* Sólo para calidades IT4 a IT7; para las otras calidades tomar cero

Tabla 10.4 Desviaciones fundamentales en milímetros (mm) para zonas de tolerancia de agujeros (tomada de Jiménez^[8]). Los intervalos de tamaños básicos son sobre el límite inferior e incluyendo el límite superior.

Tamaños básicos (mm)	Desviación fundamental (mm)									
	Desviación inferior					Desviación superior				
	C	D	F	G	H	K*	N*	P**	S**	U**
0-3	+0.060	+0.020	+0.0006	+0.002	0	0	-0.004	-0.006	-0.014	-0.018
3-6	+0.070	+0.030	+0.010	+0.004	0	-0.001+ δ	-0.008+ δ	-0.012	-0.019	-0.023
6-10	+0.080	+0.040	+0.013	+0.005	0	-0.001+ δ	-0.010+ δ	-0.015	-0.023	-0.028
10-14	+0.095	+0.050	+0.016	+0.006	0	-0.001+ δ	-0.012+ δ	-0.018	-0.028	-0.033
14-18	+0.095	+0.050	+0.016	+0.006	0	-0.001+ δ	-0.012+ δ	-0.018	-0.028	-0.033
18-24	+0.110	+0.065	+0.020	+0.007	0	-0.002+ δ	-0.015+ δ	-0.022	-0.035	-0.041
24-30	+0.110	+0.065	+0.020	+0.007	0	-0.002+ δ	-0.015+ δ	-0.022	-0.035	-0.048
30-40	+0.120	+0.080	+0.025	+0.009	0	-0.002+ δ	-0.017+ δ	-0.026	-0.043	-0.060
40-50	+0.130	+0.080	+0.025	+0.009	0	-0.002+ δ	-0.017+ δ	-0.026	-0.043	-0.070
50-65	+0.140	+0.100	+0.030	+0.010	0	-0.002+ δ	-0.020+ δ	-0.032	-0.053	-0.087
65-80	+0.150	+0.100	+0.030	+0.010	0	-0.002+ δ	-0.020+ δ	-0.032	-0.059	-0.102
80-100	+0.170	+0.120	+0.036	+0.012	0	-0.003+ δ	-0.023+ δ	-0.037	-0.071	-0.124
100-120	+0.180	+0.120	+0.036	+0.012	0	-0.003+ δ	-0.023+ δ	-0.037	-0.079	-0.144
120-140	+0.200	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.092	-0.170
140-160	+0.210	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.100	-0.190
160-180	+0.230	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.108	-0.210
180-200	+0.240	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.122	-0.236
200-225	+0.260	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.130	-0.258
225-250	+0.280	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.140	-0.284
250-280	+0.300	+0.190	+0.056	+0.017	0	-0.004+ δ	-0.034+ δ	-0.056	-0.158	-0.315
280-315	+0.330	+0.190	+0.056	+0.017	0	-0.004+ δ	-0.034+ δ	-0.056	-0.170	-0.350
315-355	+0.360	+0.210	+0.062	+0.018	0	-0.004+ δ	-0.037+ δ	-0.062	-0.190	-0.390
355-400	+0.400	+0.210	+0.062	+0.018	0	-0.004+ δ	-0.037+ δ	-0.062	-0.208	-0.435
400-450	+0.440	+0.230	+0.068	+0.020	0	-0.005+ δ	-0.040+ δ	-0.068	-0.232	-0.490
450-500	+0.480	+0.230	+0.068	+0.020	0	-0.005+ δ	-0.040+ δ	-0.068	-0.252	-0.540

* Sólo para calidades IT01 a IT8, excepto el valor para 0-3 mm que es válido para cualquier calidad. Para la posición N tomar cero para calidades IT9 a IT16, excepto para 0-3 mm que debe tomarse -0.004

** Sólo para calidades IT8 a IT16

Nota: $\delta = IT_n - IT_{n-1}$ (diferencia entre la tolerancia de la calidad considerada y de la calidad inmediata más fina)

REFERENCIAS

- [1] FAIRES, V. M.. **Diseño de Elementos de Máquinas**. México: Editorial Limusa, 1995. 4ª Reimpresión.
- [2] NORTON, Robert L.. **Diseño de Máquinas**. México: Ed. Prentice-Hall (Pearson), 1999.
- [3] JUVINALL, R. C.. **Stress, Strain and Strength**. Nueva York: McGraw-HILL, 1967, pág. 234.
- [4] CATÁLOGO FAG: **Programa Standard FAG**. Catálogo WL 41 510/2 SE, edición 1988.
- [5] IVANOV, M. N.. **Elementos de Máquinas**. Moscú: Escuela Superior, 1984.
- [6] JUVINALL, R. C. y MARSHEK, K. M.. **Fundamentals of Machine Component Design**. 2nd ed. Nueva York: John Wiley & Sons, 1967, pág. 270.
- [7] WILEMAN, J., CHOUDHURY, M. y GREEN, I.. **Computation of Member Stiffness in Bolted Connections**. *Trans. ASME, J. Mech. Design*. 113, 1991. Págs. 432-437.
- [8] JIMÉNEZ BALBOA, Luis. **Prontuario de Ajustes y Tolerancias**. Barcelona: MARCOMBO S.A., 1967.