

***FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN***

***DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA***

***LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES***

---

***“TABLAS Y GRAFICAS PARA DISEÑO DE ELEMENTOS DE  
MÁQUINAS”***

---



***M. en I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez.***

**CUAUTITLÁN IZCALLI 2007**

# Índice

	Pag.
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	1
<i>CAPITULO 1</i>	
<i>ESFUERZOS BÁSICOS, TEORÍAS DE FALLA Y FATIGA</i> .....	2
<i>CAPITULO 2</i>	
<i>FLECHAS</i> .....	14
<i>CAPÍTULO 3</i>	
<i>RESORTES</i> .....	18
<i>CAPÍTULO 4</i>	
<i>ENGRANES</i> .....	23
<i>CAPITULO 5</i>	
<i>TRANSMISIONES FLEXIBLES</i> .....	31
<i>CAPITULO 6</i>	
<i>RODAMIENTOS</i> .....	39
<i>FORMULARIO</i> .....	49
<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	54

## INTRODUCCIÓN

*Para el diseño y selección de elementos de máquinas tales como flechas, engranes, bandas, etc. se utilizan de manera extensiva tablas y gráficas que proporcionan asociaciones como ANSI, ASME, AGMA. NOM, etc. o los fabricantes de aceros, rodamientos, bandas, etc. y que es necesario tener a la mano, ya sea en el salón de clase o en el trabajo diario. De esta manera, se presenta una colección de tablas y gráficas que son básicas en el diseño de algunos elementos de máquinas, mostrándose en el orden en que se cubren los temas de acuerdo al programa actual de la asignatura “Diseño de elementos de máquinas” de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista que se imparte en la Fes-Cuautitlán, además, en esta edición, se proporciona un formulario básico para las materias de Fundamentos de Mecánica de Sólidos y Diseño de Elementos de Máquinas.*

*Cualquier sugerencia y corrección será bienvenida.*

*Atte.*

*Prof. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez*

**CAPÍTULO 1**

**ESFUERZOS BÁSICOS, TEORÍAS DE FALLA Y FATIGA**

*Tabla 1.1.- Propiedades típicas de los materiales mas comunes (Para fines de diseño real consulte reglamentos y especificaciones pertinentes*

MATERIAL	RESISTENCIA MÁXIMA		RESISTENCIA A LA FLUENCIA		MODULO DE ELASTICIDAD E	MODULO DE ELASTICIDAD G	$\alpha$ cm/cm.°C (x 10 <sup>-6</sup> )
	kg/cm <sup>2</sup>	ksi	kg/cm <sup>2</sup>	ksi	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>ACEROS:</b>							
<i>NOM-1018 T.F</i>	4500	64	3800	54	2.1E6	0.808E6	11.8
<i>NOM- 1045 T.C</i>	6400	91	5400	77	“	“	11.8
<i>NOM-1060 T.C</i>	6900	98	3800	54	“	“	11.8
<i>NOM-1075 T.C</i>	7300	104	4100	58	“	“	11.8
<i>NOM-4140 T.T</i>	12000	170	11200	159	“	“	11.8
<i>NOM-4340 T.T</i>	12200	173	11500	163	“	“	11.8
<i>INOX 304 REC.</i>	5200	74	2100	30	1.96E6	0.735E6	16.0
<i>INOX. 316 REC.</i>	5200	74	2100	30	1.96E6	0.735E6	16.0
<i>ESTRUCTURAL ASTM A-36</i>	4800	68	2250	36	2.1E6	0.808E6	11.8
<b>ALUMINIOS FORJADOS</b>							
<i>2014 -T4</i>	4362	62	2885	41	0.741E6	0.281E6	23.1
<i>2024-T4</i>	4785	68	3370	48	“	“	23.1
<i>6061-T6</i>	3166	45	2800	40	“	“	23.1
<b>ALEACIONES DE COBRE</b>							
<i>BRONCE T.F</i>	7030	100	5270	75	1.195E6	0.450E6	18.3
<i>MONEL T.C</i>	6330	90	3520	50	1.82E6	0.68E6	14.0
<i>LATON</i>	3860	54.8	1750	24.8	1.124	0.421E6	20.0
<b>OTROS:</b>							
<i>HIERRO GRIS ASTM-20</i>	1470	20.9			1.05E6	0.422E6	10.8

*T.F.- Trabajado en frío*

*T.C.- Trabajado en caliente*

*T.T.- Tratado térmicamente*

*REC.- Recocido*

**Tabla 1.2.- Relación entre dureza y resistencia máxima de un acero**

<i>Dureza Brinell</i>	<i>Dureza Rockwell</i>			$\sigma_{max}$ <i>(Aprox.) psi</i>	<i>Dureza Brinell</i>	<i>Dureza Rockwell</i>			$\sigma_{max}$ <i>(Aprox.) psi</i>
	<i>Bola de carburo de tungsteno 3000 kg</i>	<i>Escala A 60 kg</i>	<i>Escala B 100 kg</i>			<i>Escala C 150 kg</i>	<i>Bola de carburo de tungsteno 3000 kg</i>	<i>Escala A 60 kg</i>	
-	85.6	-	68.0	-	331	68.1	-	35.5	166,000
-	85.3	-	67.5	-	321	67.5	-	34.3	160,000
-	85.0	-	67.0	-	311	66.9	-	33.1	155,000
767	84.7	-	66.4	-	302	66.3	-	32.1	150,000
757	84.4	-	65.9	-	293	65.7	-	30.9	145,000
745	84.1	-	65.3	-	285	65.3	-	29.9	141,000
733	83.8	-	64.7	-	277	64.6	-	28.8	137,000
722	83.4	-	64.0	-	269	64.1	-	27.6	133,000
712	-	-	-	-	262	63.6	-	26.6	129,000
710	83.0	-	63.3	-	255	63.0	-	25.4	126,000
698	82.6	-	62.5	-	248	62.5	-	24.2	122,000
684	82.2	-	61.8	-	241	61.8	100.0	22.8	118,000
682	82.2	-	61.7	-	235	61.4	99.0	21.7	115,000
670	81.8	-	61.0	-	229	60.8	98.2	20.5	111,000
656	81.3	-	60.1	-	223	-	97.3	20.0	-
653	81.2	-	60.0	-	217	-	96.4	18.0	105,000
647	81.1	-	59.7	-	212	-	95.5	17.0	102,000
638	80.8	-	59.2	329,000	207	-	94.6	16.0	100,000
630	80.6	-	58.8	324,000	201	-	93.8	15.0	98,000
627	80.5	-	58.7	323,000	197	-	92.8	-	95,000
601	79.8	-	57.3	309,000	192	-	91.9	-	93,000
578	79.1	-	56.0	297,000	187	-	90.7	-	90,000
555	78.4	-	54.7	285,000	183	-	90.0	-	89,000
534	77.8	-	53.5	274,000	179	-	89.0	-	87,000
514	76.9	-	52.1	263,000	174	-	87.8	-	85,000
495	76.3	-	51.0	253,000	170	-	86.8	-	83,000
477	75.6	-	49.6	243,000	167	-	86.0	-	81,000
461	74.9	-	48.5	235,000	163	-	85.0	-	79,000
444	74.2	-	47.1	225,000	156	-	82.9	-	76,000
429	73.4	-	45.7	217,000	149	-	80.8	-	73,000
415	72.8	-	44.5	210,000	143	-	78.7	-	71,000
401	72.0	-	43.1	202,000	137	-	76.4	-	67,000
388	71.4	-	41.8	195,000	131	-	74.0	-	65,000
375	70.6	-	40.4	188,000	126	-	72.0	-	63,000
363	70.0	-	39.1	182,000	121	-	69.8	-	60,000
352	69.3	-	37.9	176,000	116	-	67.6	-	58,000
341	68.7	-	36.6	170,000	111	-	65.7	-	56,000

**DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS**

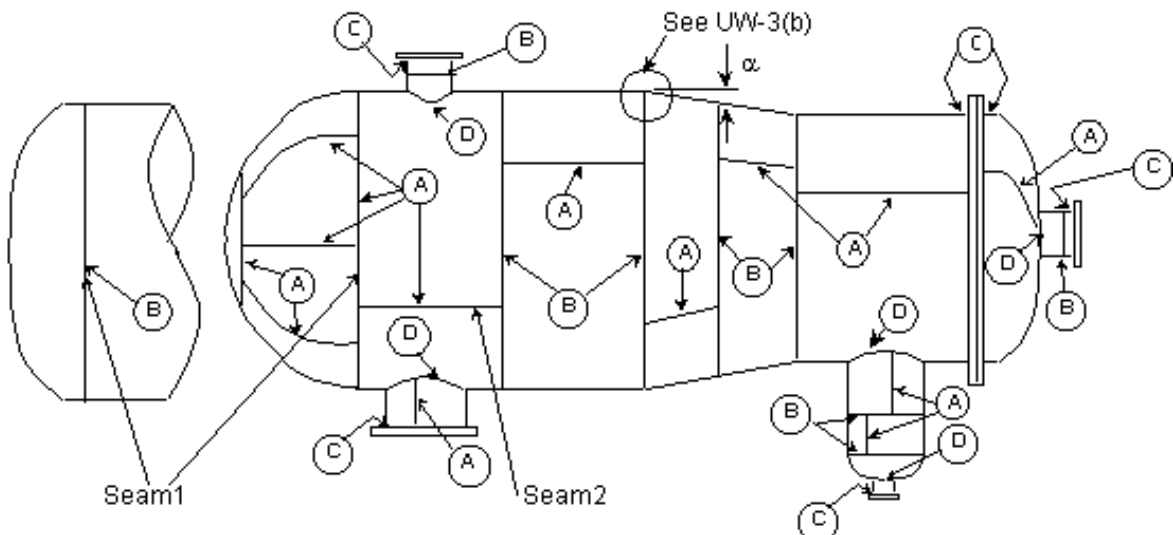
***Tabla 1.3.- Eficiencia máxima permisible de las juntas soldadas por arco y por gas (según ASME)***

<i>Tipo de unión</i>	<i>Eficiencia</i>	<i>Aplicación</i>
<b>Juntas a traslape con filete simple</b>	45	Juntas cuerpo-tapa con espesores menores de 5/8" y juntas cuerpo-tapa con diámetro exterior máximo de 24" y espesor de 1/4".
	50	Juntas circunferenciales con espesor máximo de 1/8"
<b>Juntas a traslape con filete doble</b>	55	Juntas longitudinales con espesores menores de 3/8" y juntas circunferenciales con espesores menores de 5/8"
<b>Uniones a tope simple sin cinta de retención</b>	60	Juntas circunferenciales con espesores menores de 5/8"
<b>Uniones a tope simple con cinta de retención</b>	65	Juntas circunferenciales sin limitaciones
	80 §	
	90 † *	
<b>Uniones a tope doble</b>	70	Sin limitaciones
	85 §	
	100 † *	

† Relevado de esfuerzos

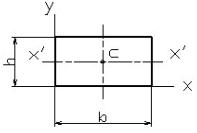
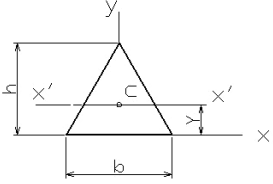
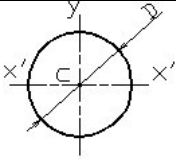
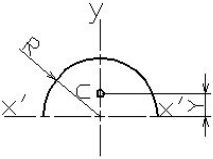
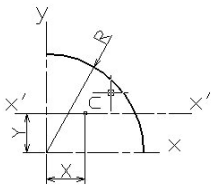
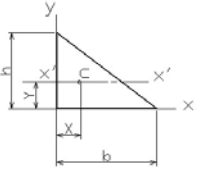
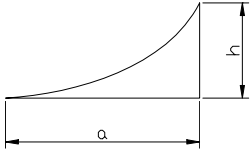
§ Radiografiado por partes

\* Radiografiado total



***Figura 1.1.- Eficiencias en soldaduras.***

**Tabla 1.4.- Centroide y momentos de inercia para las formas geométricas más comunes.**

<b>Forma</b>	<b>Área</b>	<b>Centroide</b>	<b>Momento de inercia</b> $I_{x'-x'}$
	$A = b * h$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = h/2$	$I = \frac{1}{12}bh^3$
	$A = \frac{b * h}{2}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{1}{3}h$	$I = \frac{1}{36}bh^3$
	$A = \frac{1}{4}\pi D^2$ $A = \pi * R^2$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = 0$	$I = \frac{\pi * D^4}{64}$
	$A = \frac{\pi R^2}{2}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{4.R}{3\pi}$	$I = 0.11.R^4$
	$A = \frac{\pi * R^2}{4}$	$\bar{x} = \frac{4.R}{3\pi}$ $\bar{y} = \frac{4.R}{3\pi}$	$I = 0.055.R^4$
	$A = \frac{b * h}{2}$	$\bar{x} = \frac{1}{3}b$ $\bar{y} = \frac{1}{3}h$	$I = \frac{1}{36}bh^3$
	$A = \frac{a * h}{3}$	$\bar{x} = \frac{3a}{4}$ $\bar{y} = \frac{3h}{10}$	$I = \frac{8a^3b}{175}$

# "FACTOR TEÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS"

# $K_t$

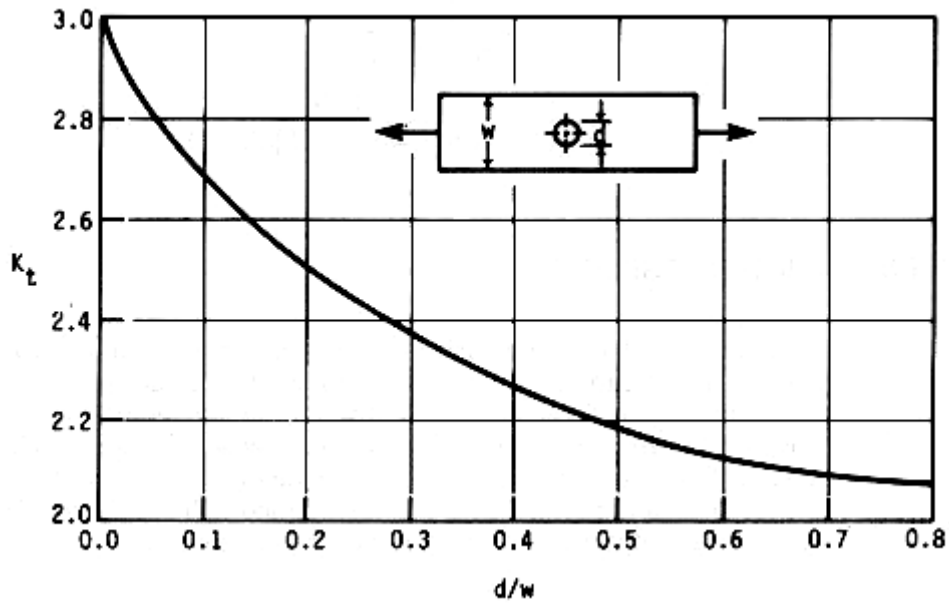


Figura 1.2.- Placa con agujero transversal sometido a tensión axial

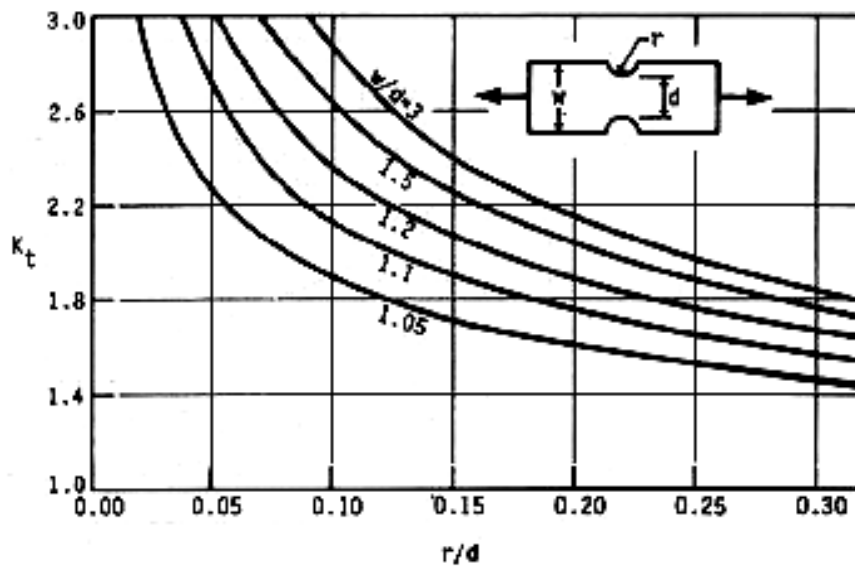
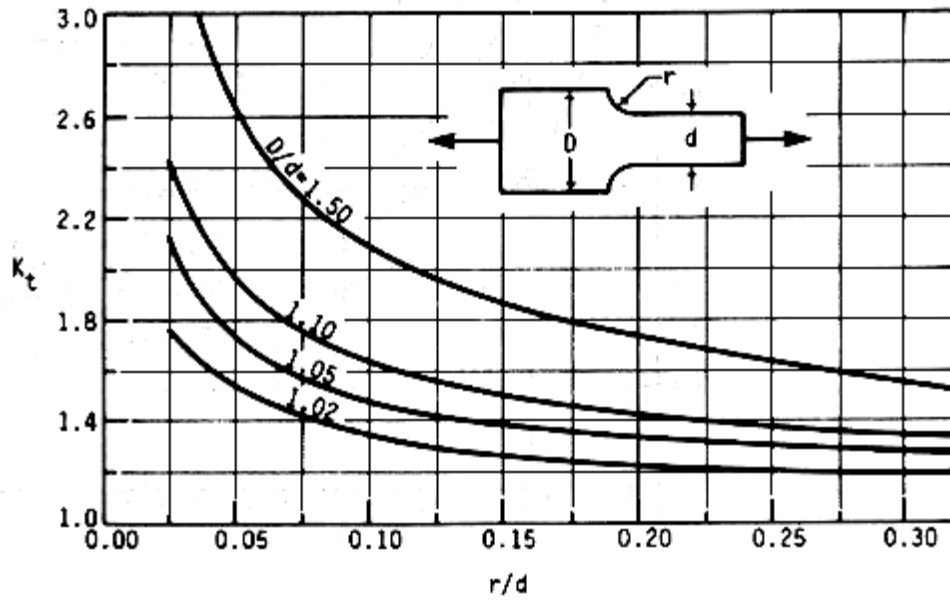
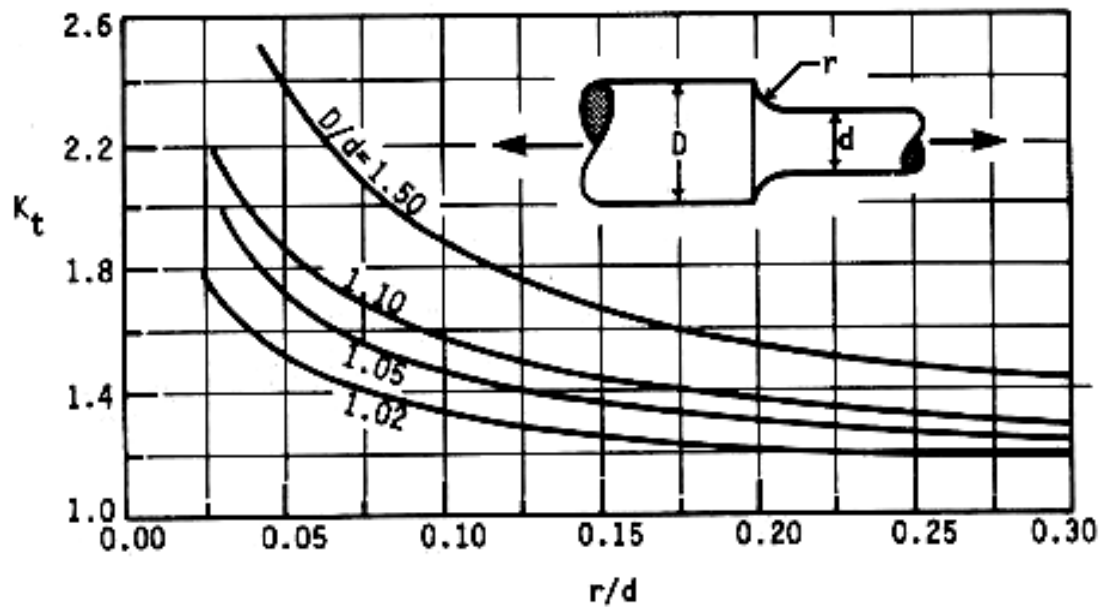


Figura 1.3.- Placa ranurada a tensión axial

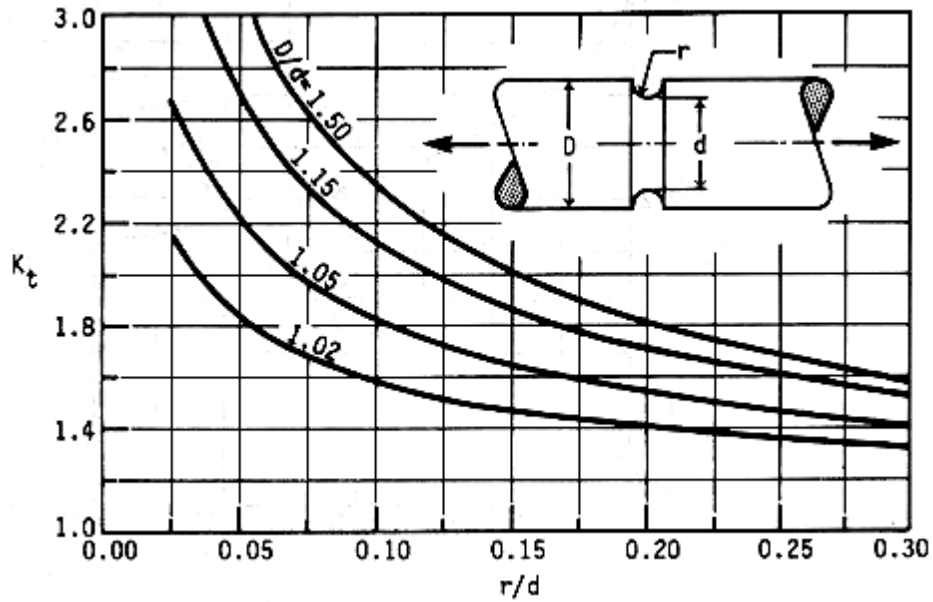




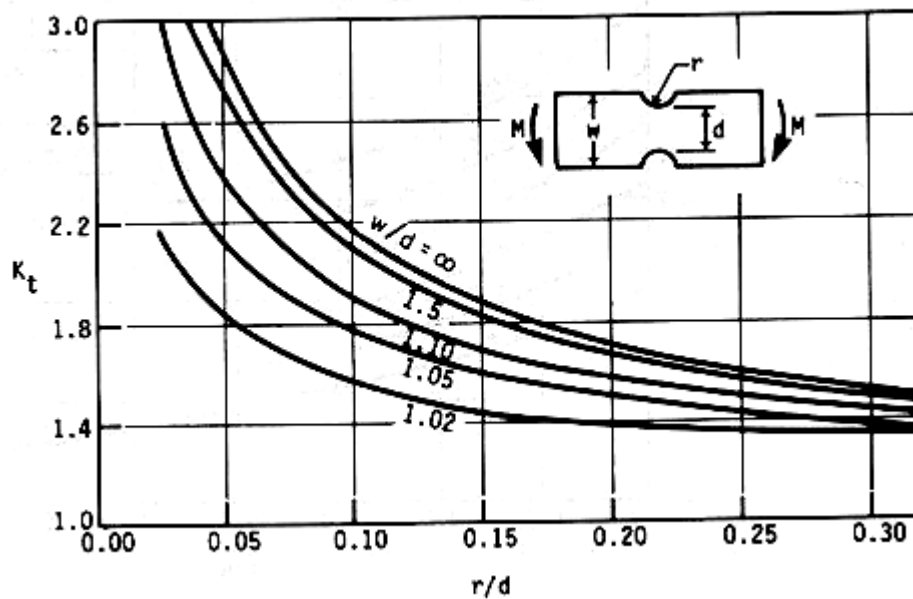
*Figura 1.4.- Placa escalonada a tensión axial.*



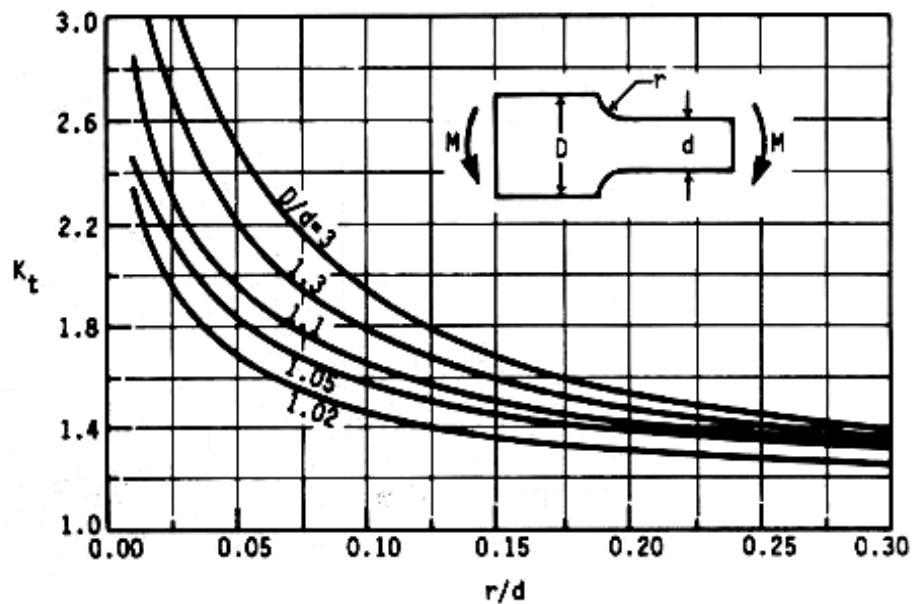
*Figura 1.5.- Barra escalonada a tensión*



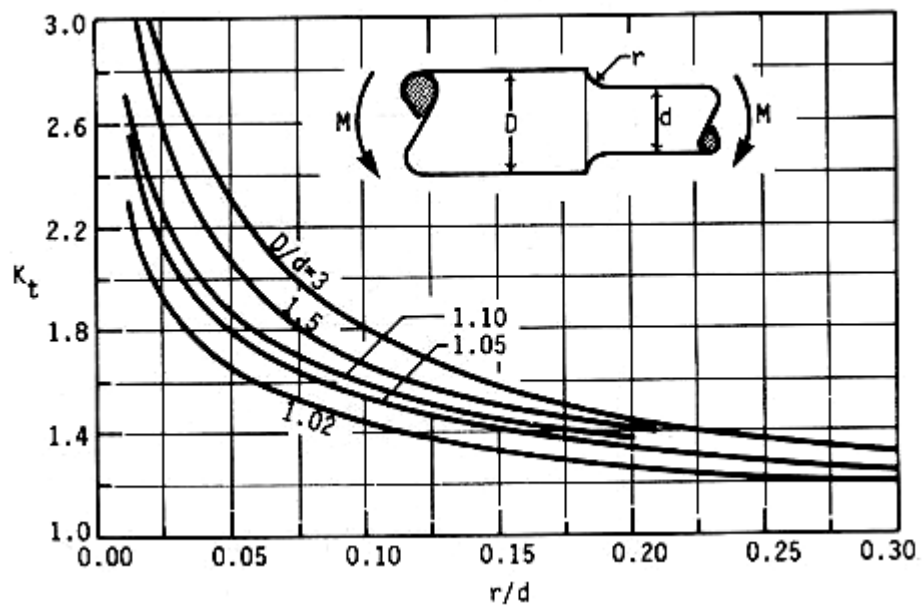
*Figura 1.6.- Barra ranurada a tensión axial*



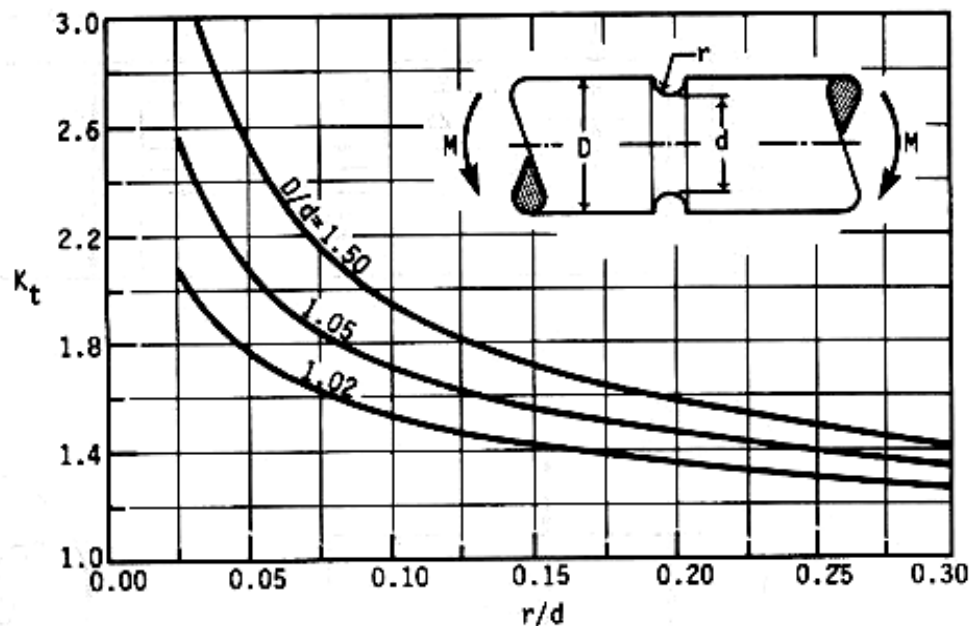
*Figura 1.7.- Placa ranurada a flexión*



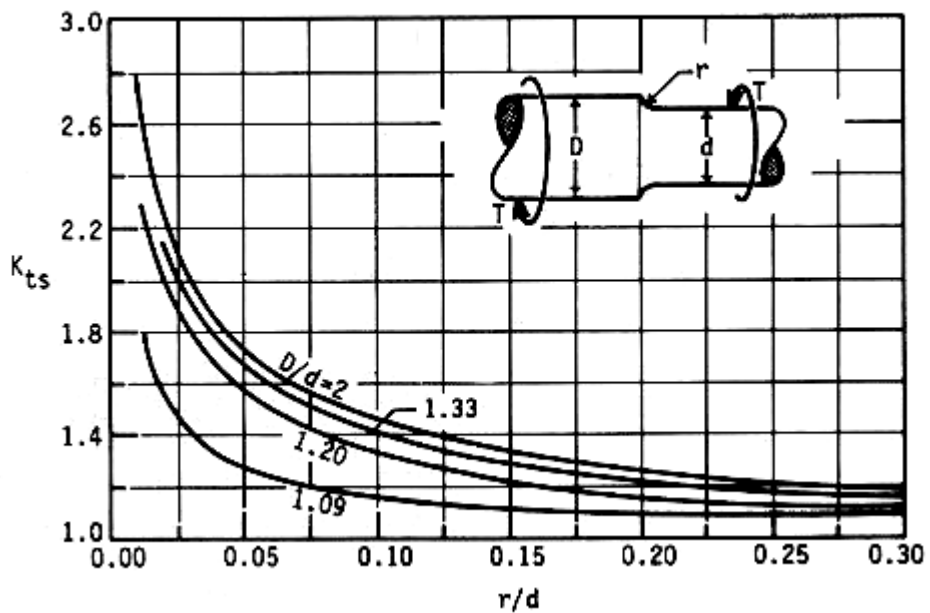
*Figura 1.8.- Placa escalonada a flexión.*



*Figura 1.9.- Barra escalonada a flexión*



*Figura 1.10.- Barra ranurada a flexión*



*Figura 1.11.- Barra escalonada sometida a torsión*

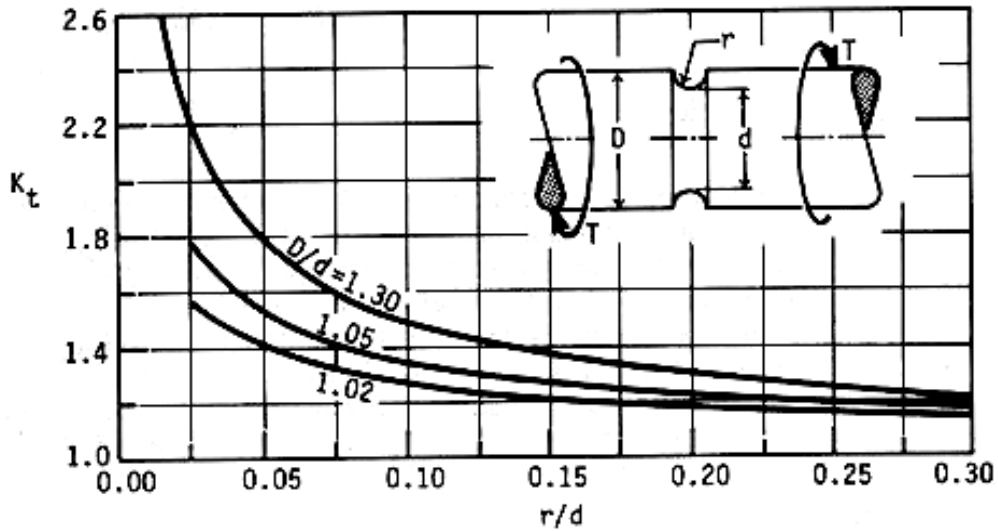


Figura 1.12.- Barra ranurada sometida a torsión.

Tabla 1.5.- Cálculo del límite a la fatiga para diversos materiales y tipos de cargas.

Material	Flexión	Cargas axiales	Torsión
Aceros	$\sigma_e' = 0.5 \sigma_{max}$	$\sigma_e' = 0.425 \sigma_{max}$	$\tau_e' = 0.25 \sigma_{max}$
Fundiciones de hierro	$\sigma_e' = 0.4 \sigma_{max}$	$\sigma_e' = 0.34 \sigma_{max}$	$\tau_e' = 0.8 \sigma_{max}$
Aleaciones no ferrosas	$\sigma_e' = 0.3 \sigma_{max}$	$\sigma_e' = 0.255 \sigma_{max}$	$\tau_e' = 0.22 \sigma_{max}$

Donde:

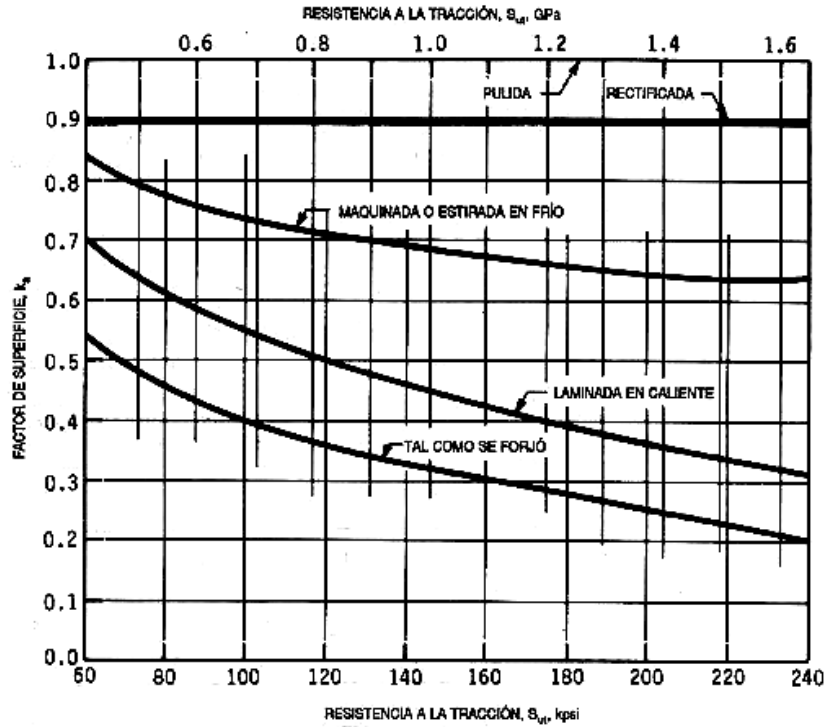
$\sigma_{max}$  = resistencia máxima del material

Tabla 1.6.- Factor de corrección por tamaño (Kb)

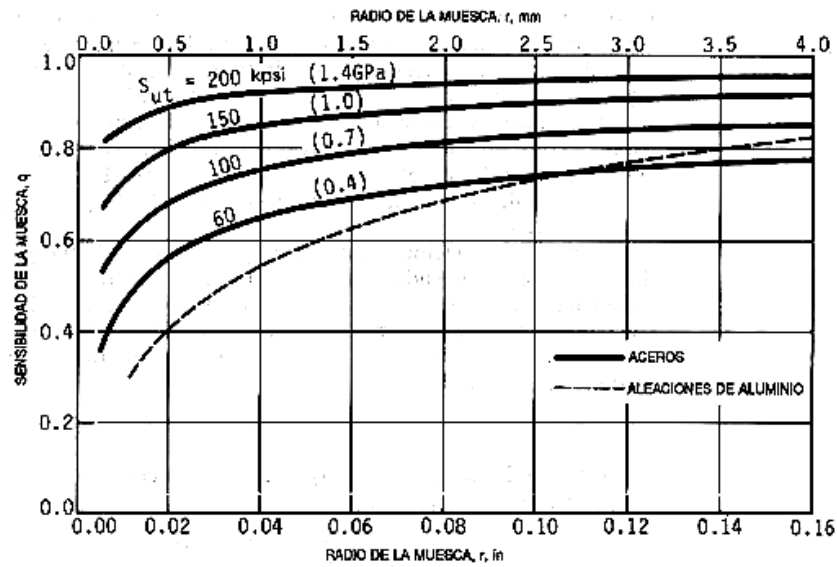
Tamaño (mm)	Kb
$D \leq 7.6$	1
$7.6 \leq D \leq 50$	0.85
$D \geq 50$	0.75

Tabla 1.7.- Factor de corrección por confiabilidad (Kc)

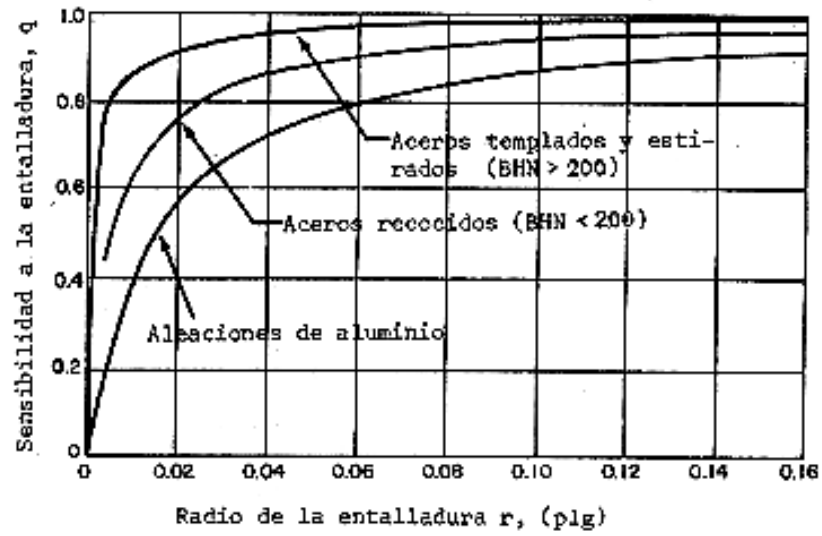
Confiabilidad (%)	Factor de corrección Kc
50	1.0
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702



*Figura 1.13.- Factor de corrección  $K_a$  de acabado superficial*



*Figura 1.14.- Factor de sensibilidad a la entalladura  $q$ , para aceros y aluminio sometidos a flexión o cargas axiales alternantes.*



*Figura 1.15.- Factor de sensibilidad a la entalladura,  $q$ , para aceros y aluminio sometidos a torsión alternante.*

**CAPÍTULO 2**  
**FLECHAS**

*Tabla 2.1.- Factores de corrección Cm y Ct para el proyecto de flechas (según Código ASME)*

<i>Naturaleza de la carga</i>	<i>Factor Cm</i>	<i>Factor Ct</i>
<b><i>Flechas estáticas</i></b>		
<i>Cargas estables</i>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>
<i>Cargas con impacto</i>	<b>1.5 – 2.0</b>	<b>1.5 – 2.0</b>
<b><i>Flechas giratorias</i></b>		
<i>Cargas estables</i>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>
<i>Cargas con impacto moderado</i>	<b>1.5 – 2.0</b>	<b>1.0 – 1.5</b>
<i>Cargas con impacto pesado</i>	<b>2.0 – 3.0</b>	<b>1.5 – 3.0</b>

*Tabla 2.2.- Esfuerzos cortantes de cálculo, según ASME para árboles y flechas de acero.*

<i>Condiciones de carga</i>	<i>Esfuerzo cortante de cálculo (sin cuñero)</i>	<i>Esfuerzo cortante de cálculo (con cuñero)</i>
<i>Flechas sometidas a flexión y torsión</i>	$\tau_{cal} = 0.30 \times \sigma_f$	$\tau_{cal} = 0.225 \times \sigma_f$
	$\tau_{cal} = 0.18 \times \sigma_{max}$	$\tau_{cal} = 0.135 \times \sigma_{max}$
<i>Flechas sometidas a flexión</i>	$\tau_{cal} = 0.6 \times \sigma_f$	$\tau_{cal} = 0.45 \times \sigma_f$
	$\tau_{cal} = 0.36 \times \sigma_{max}$	$\tau_{cal} = 0.27 \times \sigma_{max}$

$\sigma_{max}$  = Resistencia máxima del material  
 $\sigma_f$  = resistencia a la fluencia del material

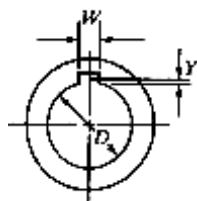
*Tabla 2.3.- Factor de seguridad F.S para el diseño de flechas según Normas ANSI-ASME*

<i>Condiciones de carga</i>	<i>Factor de seguridad F.S</i>
<i>Cargas estables</i>	<b>2.0</b>
<i>Cargas con impacto moderado</i>	<b>3.0</b>
<i>Cargas con impacto fuerte</i>	<b>4.0</b>



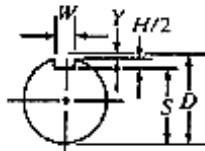
**Tabla 2.4.- Factor teórico de concentración de esfuerzos  $K_t$  para diferentes condiciones geométricas en flechas (según Normas ANSI-ASME)**

Condición geométrica	Factor $K_t$
Cuñero de perfil	2.0
Cuñero de patín	1.6
Cambio de sección con radios de enlace pequeños	2.5
Cambios de sección con radios de enlace grandes	1.5
Ranuras	1.3



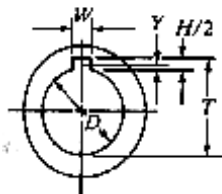
(a) Altura de la cuerda

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$



(b) Profundidad del cuñero del eje

$$S = D - Y - \frac{H}{2} = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$



(c) Profundidad del cuñero de la maza

$$T = D - Y + \frac{H}{2} + C = \frac{D + H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} + C$$

Símbolos

$C$  = Tolerancia

+0.005" de espaciamento para cuñas paralelas

-0.020" de interferencia para cuñas ahusadas

$D$  = Diámetro nominal del eje o interior, pulg

$H$  = Altura nominal de la cuña, pulg

$W$  = Ancho ó espesor nominal de la cuña, pulg

$Y$  = Altura de la cuerda, pulg

**Figura 2.1.- Dimensiones de cuñeros.**

**Tabla 2.5.- Tamaño de cuña contra tamaño de flecha.**

DIÁMETRO NOMINAL DE LA FLECHA (Pulg)		Tamaño nominal de la cuña		
		Altura H (Pulg)		
Mas de	Hasta (incluso)	Espesor, W	Cuadrada	Rectangular
<b>5/16</b>	7/16	3/32	3/32	
<b>7/16</b>	9/16	1/8	1/8	3/32
<b>9/16</b>	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
<b>1 1/4</b>	1 3/8	5/16	5/16	1/4
<b>1 3/8</b>	1 3/4	3/8	3/8	1/4
<b>1 3/4</b>	2 1/4	1/2	1/2	3/8
<b>2 1/4</b>	2 3/4	5/8	5/8	7/16
<b>2 3/4</b>	3 1/4	3/4	3/4	1/2
<b>3 1/4</b>	3 3/4	7/8	7/8	5/8
<b>3 3/4</b>	4 1/2	1	1	3/4
<b>4 1/2</b>	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
<b>5 1/2</b>	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
<b>6 1/2</b>	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
<b>7 1/2</b>	9	2	2	1 1/2
<b>9</b>	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
<b>11</b>	13	3	3	2
<b>13</b>	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
<b>15</b>	18	4		3
<b>18</b>	22	5		3 1/2
<b>22</b>	26	6		4
<b>26</b>	30	7		5

*Nota.- No se recomienda el uso de los valores que aparecen en las áreas sombreadas.*

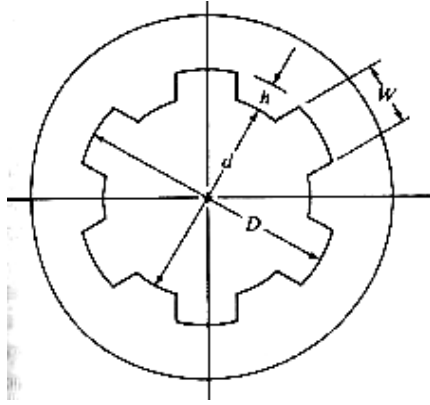

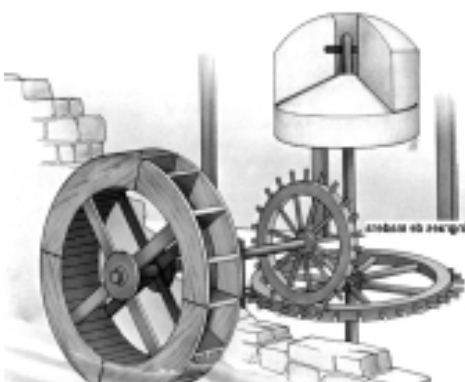
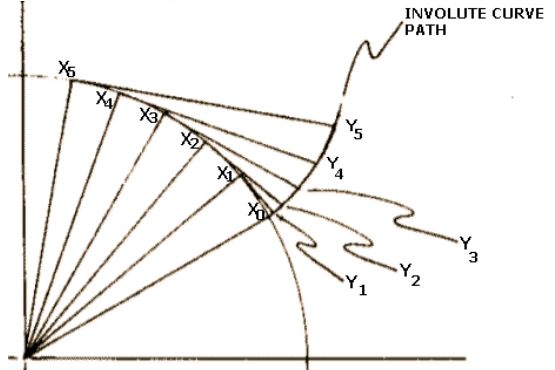






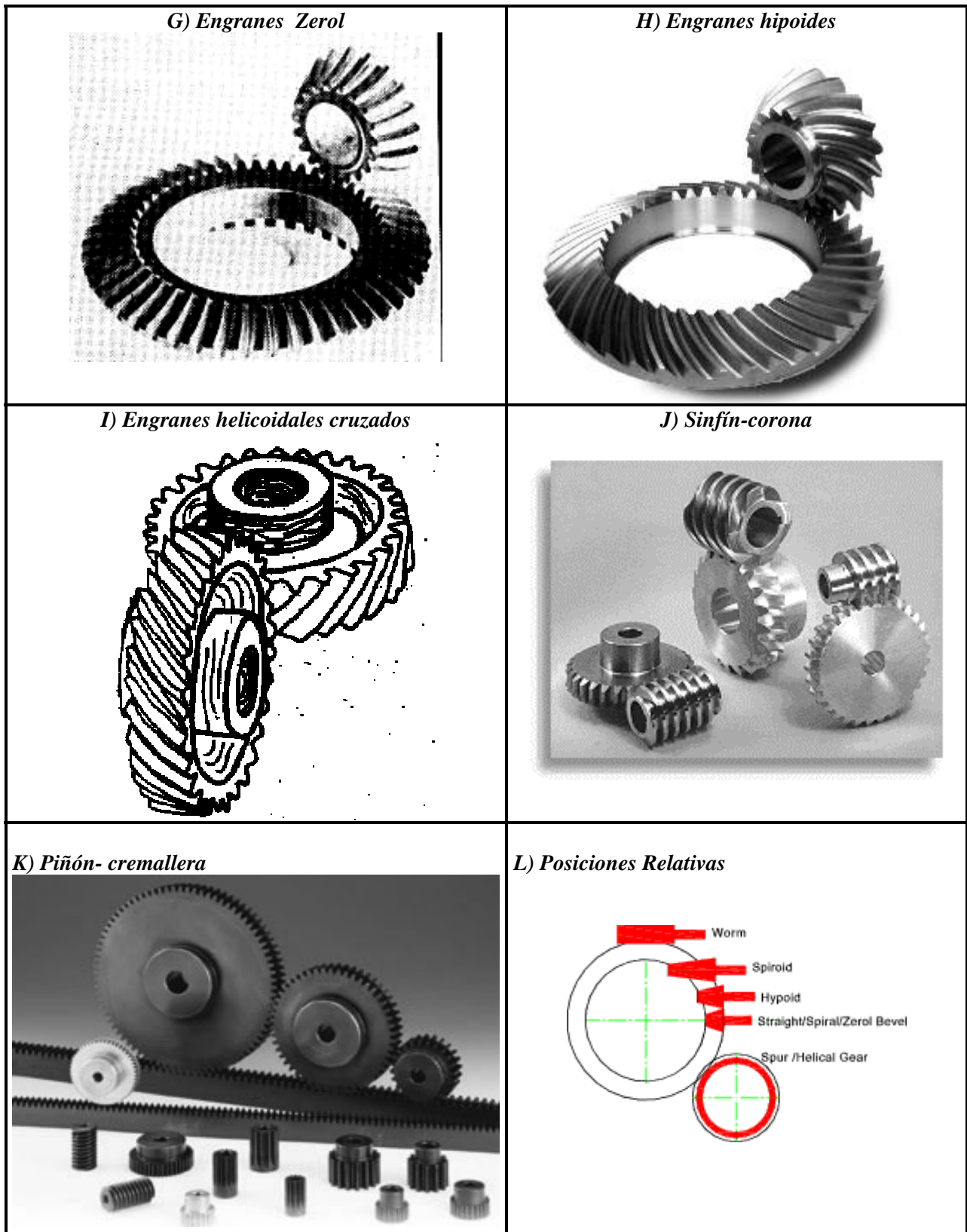
Figura 2.2. - Ranuras de lados rectos

Tabla 2.6.- Fórmulas para ranuras SAE rectas

 Numero de ranuras		A Ajuste permanente		B Para que se deslice sin carga		C Para que se deslice si se somete a carga	
		W para todos los ajustes	h	d	h	d	h
Cuatro	0.241 D	0.075 D	0.850 D	0.125 D	0.750 D	-	-
Seis	0.250 D	0.050 D	0.900 D	0.075 D	0.850 D	0.100 D	0.800 D
Diez	0.156 D	0.045 D	0.910 D	0.070 D	0.860 D	0.095 D	0.810 D
Diez y seis	0.098 D	0.045 D	0.910 D	0.070 D	0.860 D	0.095 D	0.810 D

**CAPITULO 4**  
**ENGRANES**

<p><i>a) Engranés primitivos</i></p> 	<p><i>B) Curva de involuta</i></p>  <p><math>X_1 Y_1 = X_1 X_0</math> <math>X_2 Y_2 = 2 X_1 X_0</math> <math>X_3 Y_3 = 3 X_1 X_0</math> <math>X_4 Y_4 = 4 X_1 X_0</math> <math>X_5 Y_5 = 5 X_1 X_0</math></p>
<p><i>C) Engranés de dientes rectos</i></p> 	<p><i>D) Engranés de dientes helicoidales</i></p> 
<p><i>E) Engranés cónicos espirales</i></p> 	<p><i>F) Engranés cónicos rectos</i></p> 



*Figura 4.1.- Diferentes tipos de engranes*

**Tabla 4.1.- Engranajes y sus principales características**

TIPO	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	VELOCIDAD EN LA LÍNEA DE PASO (m/s)	RANGO DE EFICIENCIA
RECTOS	1:1 to 6:1	25	98-99 %
HELICOIDALES	1:1 to 10:1	50	98-99 %
DOBLE HELICOIDALES	1:1 to 15:1	150	98-99 %
CÓNICOS	1:1 to 4:1	20	98-99 %
TORNILLO SIN-FIN	5:1 to 75:1	30	20-98 %
HELICOIDALES CRUZADOS	1:1 to 6:1	30	70-98 %

**Tabla 4.2.- Factor de forma de Lewis**

NUMERO DE DIENTES	20° PROFUNDIDAD COMPLETA		ENGRANAJES INTERNOS 20° A C		20° DIENTES CORTOS $a = \frac{0.8}{P}$		25° PROFUNDIDAD COMPLETA $a = \frac{1}{P}$	
	y	Y	y	Y	y	Y	y	Y
10	0.064	0.201	- - -	- - -	0.083	0.261	0.076	0.238
11	0.072	0.226	- - -	- - -	0.092	0.289	0.082	0.259
12	0.078	0.245	- - -	- - -	0.099	0.311	0.088	0.277
13	0.083	0.261	- - -	- - -	0.103	0.324	0.093	0.293
14	0.088	0.276	- - -	- - -	0.108	0.340	0.098	0.307
15	0.092	0.289	- - -	- - -	0.111	0.349	0.102	0.320
16	0.094	0.295	- - -	- - -	0.115	0.361	0.106	0.332
17	0.096	0.30	- - -	- - -	0.117	0.368	0.109	0.342
18	0.098	0.308	- - -	- - -	0.120	0.377	0.112	0.352
19	0.100	0.314	- - -	- - -	0.123	0.387	0.115	0.361
20	0.102	0.320	- - -	- - -	0.125	0.393	0.118	0.369
21	0.104	0.327	- - -	- - -	0.127	0.399	0.120	0.377
22	0.105	0.331	- - -	- - -	0.129	0.406	0.122	0.384
23	0.106	0.333	- - -	- - -	0.130	0.408	0.124	0.390
24	0.107	0.337	- - -	- - -	0.132	0.416	0.126	0.396
25	0.108	0.339	- - -	- - -	0.133	0.417	0.128	0.402
26	0.110	0.346	- - -	- - -	0.135	0.425	0.130	0.407
27	0.111	0.349	- - -	- - -	0.136	0.427	0.131	0.412
28	0.112	0.353	0.220	0.691	0.137	0.432	0.133	0.417
30	0.114	0.358	0.216	0.678	0.139	0.436	0.135	0.425
34	0.118	0.371	0.210	0.655	0.142	0.446	0.140	0.440
38	0.122	0.383	0.205	0.643	0.145	0.455	0.144	0.452
43	0.126	0.396	0.200	0.628	0.147	0.465	0.148	0.464
50	0.130	0.408	0.195	0.612	0.151	0.474	0.152	0.477
60	0.134	0.421	0.190	0.596	0.154	0.484	0.156	0.491
70	0.136	0.429	0.187	0.586	0.157	0.493	0.160	0.501
80	0.139	0.436	0.184	0.578	0.159	0.499	0.162	0.509
90	0.141	0.442	0.182	0.571	0.160	0.503	0.164	0.516
100	0.142	0.446	0.180	0.565	0.161	0.506	0.166	0.521
200	0.147	0.463	0.175	0.549	0.167	0.524	0.174	0.545
300	0.150	0.471	0.170	0.533	0.170	0.534	0.176	0.554
Crema - Hera	0.154	0.484	- - -	- - -	0.175	0.550	0.180	0.566

**Tabla 4.3.- Esfuerzos admisible para dientes de engrane (Ec. De Lewis)**

<b>MATERIAL</b>	<b>ESFUERZO ADMISIBLE (psi)</b>
<i>Hierro fundido (ASTM 20)</i>	<b>8000</b>
<i>Hierro fundido, grado medio</i>	<b>10000</b>
<i>Hierro fundido, alta calidad</i>	<b>15000</b>
<i>Acero fundido, 0.2% C, sin tratar.</i>	<b>20000</b>
<i>Acero fundido, 0.2% C, tratado</i>	<b>28000</b>
<i>AISI 1020, Endurecido en la superficie</i>	<b>18000</b>
<i>AISI 1030, sin tratar</i>	<b>20000</b>
<i>AISI 1035, sin tratar</i>	<b>23000</b>
<i>AISI 1040, sin tratar</i>	<b>25000</b>
<i>AISI 1045, sin tratar</i>	<b>30000</b>
<i>AISI 1045, tratado térmicamente</i>	<b>30000</b>
<i>AISI 1050, tratado térmicamente</i>	<b>35000</b>
<i>SAE 2320, endurecido en la superficie</i>	<b>50000</b>
<i>SAE 3245, tratado térmicamente</i>	<b>65000</b>
<i>SAE 6145, tratado térmicamente</i>	<b>67000</b>
<i>Bronce SAE 62</i>	<b>10000</b>
<i>Bronce fosforado SAE 65</i>	<b>12000</b>
<i>Meehanite, grado GA</i>	<b>12500</b>
<i>Baquelita, Micarta, celoron</i>	<b>8000</b>

**Tabla 4.4.- Valores normalizados para el paso diametral (P)**

<i>Serie normal</i>	<b>2, 2.25, 2.5, 3, 4, 6, 8, 10, 12,16</b>
<i>Serie fina</i>	<b>20, 24, 32, 40, 48, 64, 96,120, 150, 200</b>

**Tabla 4.5.- Valores normalizados para el módulo (m)**

<i>Serie normal</i>	<b>1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50</b>
---------------------	---

**Tabla 4.6.- Factor de tamaño (Ks)**

<b>Paso diametral</b>	<b>Modulo m</b>	<b>Factor Ks</b>
$\geq 5$	$\leq 5$	<b>1.0</b>
<b>4</b>	<b>6</b>	<b>1.05</b>
<b>3</b>	<b>8</b>	<b>1.15</b>
<b>2</b>	<b>12</b>	<b>1.25</b>
<b>1.5</b>	<b>20</b>	<b>1.40</b>

**Tabla 4.7.- Factor de aplicación ( $K_a$ )**

<i>Máquina motriz</i>	<i>Máquina impulsada</i>			
	<i>Uniforme</i>	<i>Choque ligero</i>	<i>Choque moderado</i>	<i>Choque pesado</i>
<i>Uniforme</i>	<i>1.0</i>	<i>1.25</i>	<i>1.5</i>	<i>1.75</i>
<i>Choque ligero</i>	<i>1.2</i>	<i>1.40</i>	<i>1.75</i>	<i>2.25</i>
<i>Choque moderado</i>	<i>1.3</i>	<i>1.70</i>	<i>2.0</i>	<i>2.75</i>

**Tabla 4.8.- Esfuerzos admisibles a flexión (según AGMA)**

<i>Dureza Brinell (BHN)</i>	<i>Esfuerzo admisible a flexión</i>	
	<i>(psi)</i>	<i>(MPa)</i>
<i>150</i>	<i>26000</i>	<i>180</i>
<i>200</i>	<i>32000</i>	<i>225</i>
<i>250</i>	<i>38000</i>	<i>250</i>
<i>300</i>	<i>41000</i>	<i>290</i>
<i>350</i>	<i>46000</i>	<i>320</i>
<i>400</i>	<i>49000</i>	<i>345</i>

**Tabla 4.9.- Esfuerzos admisibles a la fatiga superficial (según AGMA)**

<i>Dureza Brinell (BHN)</i>	<i>Resistencia a la fatiga superficial</i>	
	<i>(psi)</i>	<i>(MPa)</i>
<i>180</i>	<i>90000</i>	<i>622</i>
<i>200</i>	<i>94000</i>	<i>650</i>
<i>250</i>	<i>114000</i>	<i>788</i>
<i>300</i>	<i>132000</i>	<i>912</i>
<i>400</i>	<i>164000</i>	<i>1133</i>

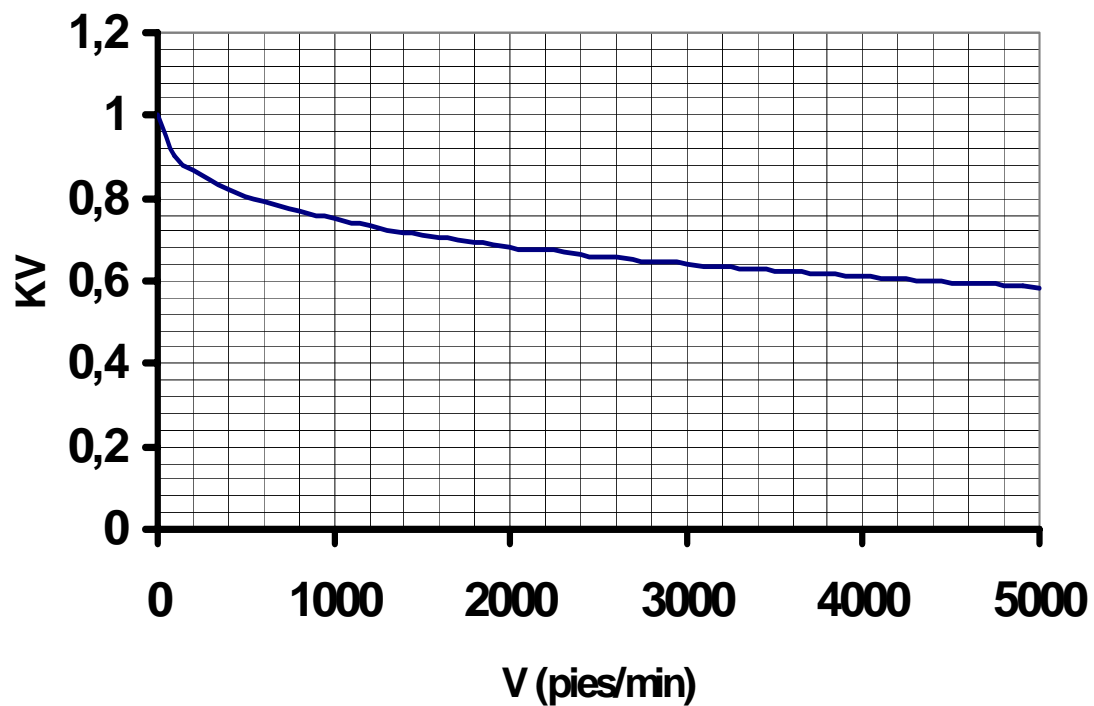
**Tabla 4.10.- Calidades de engranes (QV) que pueden obtenerse con distintos procesos de manufactura.**

<i>Acabado</i>	<i>Calidad QV</i>
<i>Engranes fundidos o forjados</i>	<i>3 a 4</i>
<i>Engranes maquinados</i>	<i>5 a 7</i>
<i>Engranes rasurados o rectificadas</i>	<i>8 a 11</i>
<i>Engranes lapeados o bruñidos</i>	<i>12 a 16</i>

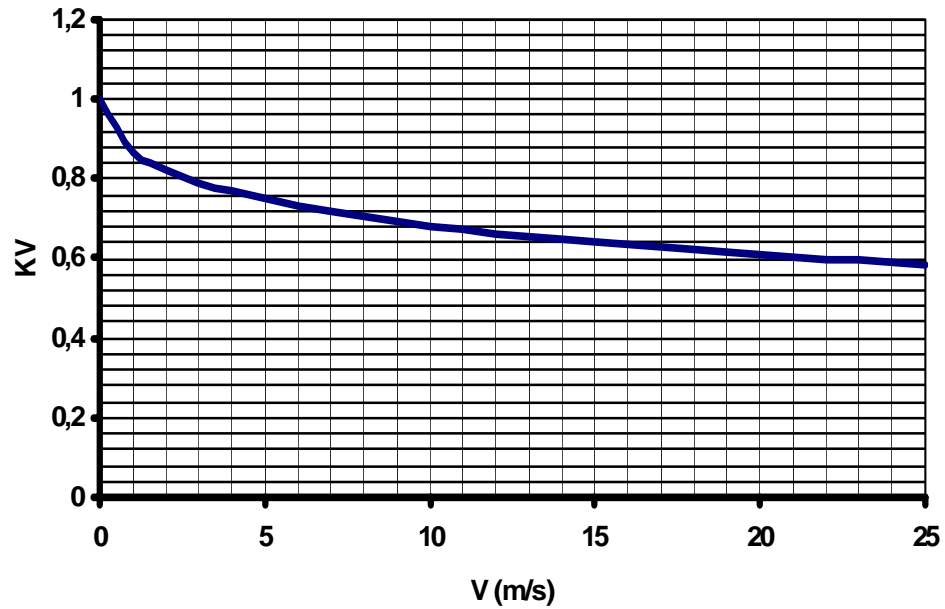


*Tabla 4.11.- Calidades recomendadas (QV) para algunas aplicaciones*

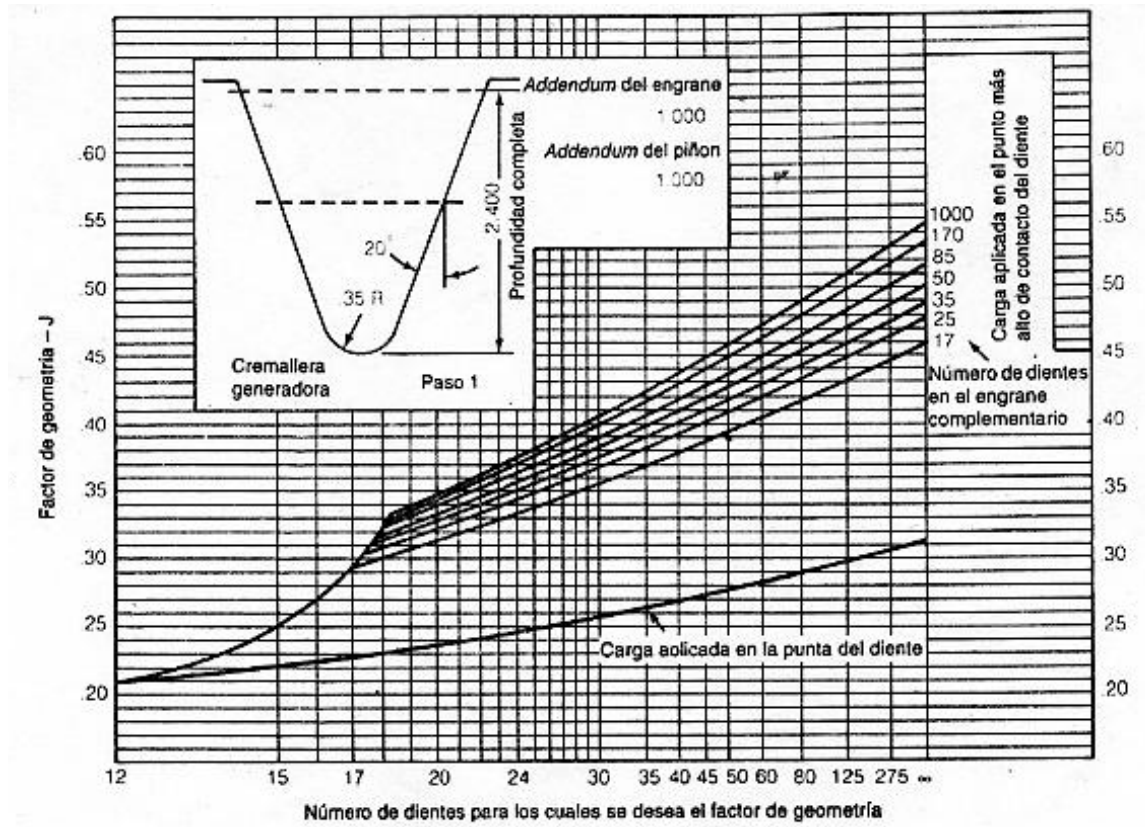
<i>Aplicación</i>	<i>QV</i>
<i>Mezcladora de cemento</i>	<i>3 a 5</i>
<i>Grúas</i>	<i>5 a 7</i>
<i>Prensas</i>	<i>5 a 7</i>
<i>Transportadores</i>	<i>5 a 7</i>
<i>Lavadoras de ropa</i>	<i>5 a 7</i>
<i>Mecanismos de computadoras</i>	<i>10 a 11</i>
<i>Transmisiones automotrices</i>	<i>10 a 11</i>
<i>Giroscopios</i>	<i>12 a 14</i>



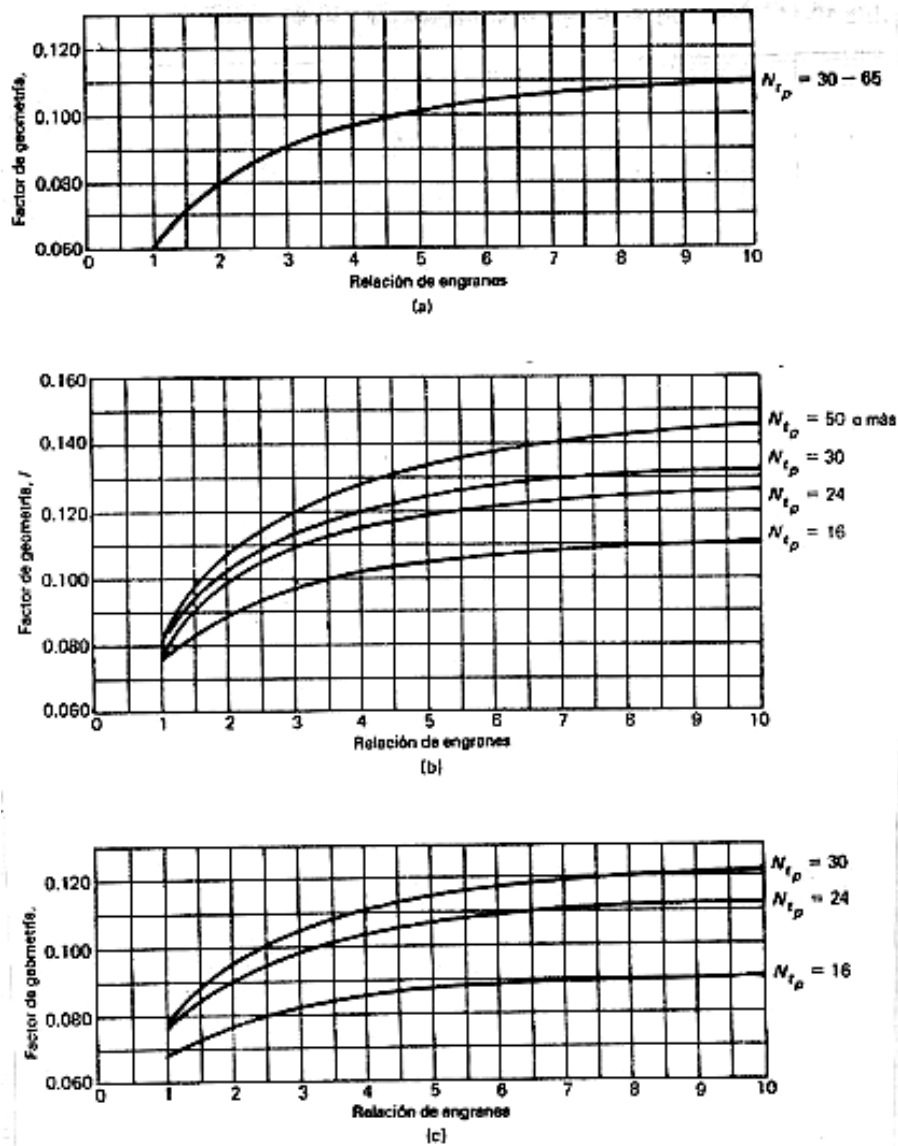
*Figura 4.2.- Factor dinámico KV para calidad QV=7 (Sistema inglés)*



*Figura 4.3.- Factor dinámico KV para calidad QV=7 (Sistema métrico)*



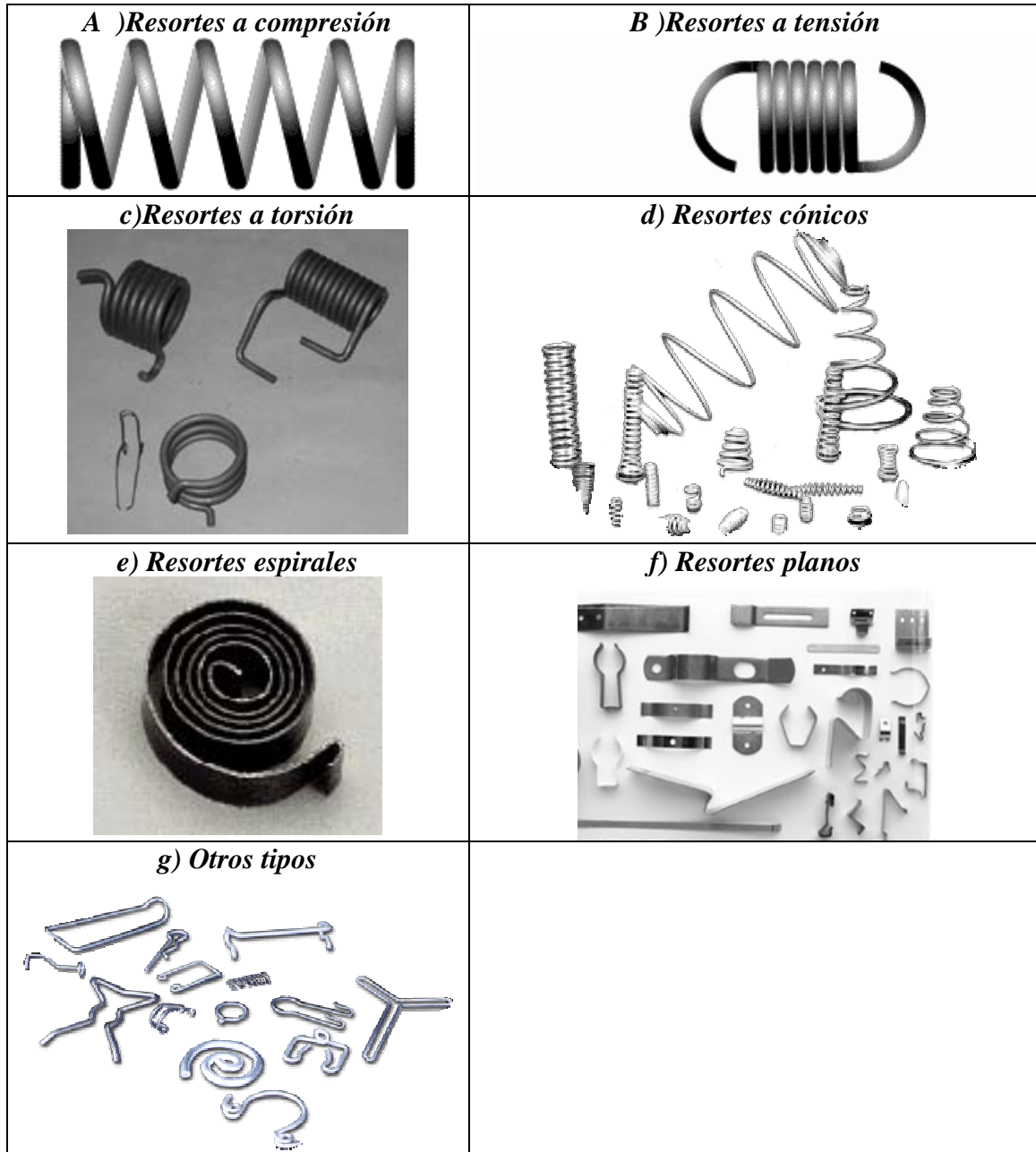
*Figura 4.4.- Factor geométrico J de AGMA, ángulo de presión = 20°*



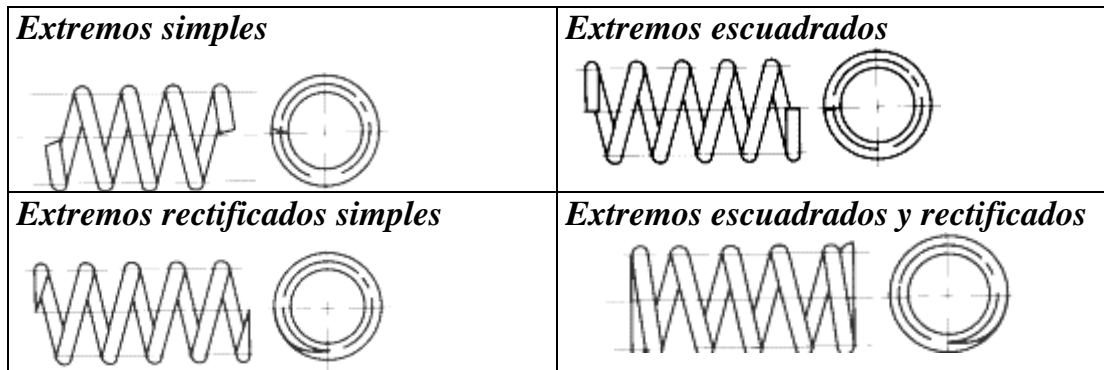
**Figura 4.5.-Factor de geometría I para piñón recto externo**

- a) Ángulo de presión =  $14.5^\circ$ , diente de profundidad total, adendo estándar =  $1/P$ .**
- b) Ángulo de presión =  $20^\circ$ , dientes de profundidad total, adendo estándar =  $1/P$ .**
- c) Ángulo de presión =  $20^\circ$ , dientes cortos, adendo estándar =  $0.8/P$ .**

CAPÍTULO 3  
RESORTES



*Figura 3.1.- Clasificación de los resortes.*



**Figura 3.2.-Tipos de extremos en resortes helicoidales a compresión**

**Tabla 3.1.- Altura libre y altura sólida en resortes a compresión.**

<i>Tipos de extremos</i>	<i>No. Total de espiras</i>	<i>Altura sólida (H<sub>s</sub>)</i>	<i>Altura libre (H<sub>L</sub>)</i>
<i>Simple</i>	$N_c$	$(N_c + 1) d$	$(N_c \cdot p) + d$
<i>A escuadra</i>	$N_c + 2$	$(N_c + 3) d$	$(N_c \cdot p) + 3d$
<i>Rectificado simple</i>	$N_c$	$N_c \cdot d$	$N_c \cdot p$
<i>Escuadrados y rectificadoss</i>	$N_c + 2$	$(N_c + 2) d$	$(N_c \cdot p) + (2d)$

**Donde:**

$p =$  distancia entre espiras  $= \tan \lambda \cdot \pi \cdot D$

$d =$  diámetro del alambre

$N_c =$  número de espiras activas

$D =$  diámetro medio del resorte

$\lambda =$  ángulo de hélice ( $< 13^\circ$ )

<b>TIPO DE GANCHO</b>	<b>Longitud Recomendada</b>	
	<b>Min.</b>	<b>Máx.</b>
<b>Alemán</b> (Cruzada)	$a$ $1/2 D.I.$	$b$ $1.1 \times D.I.$
<b>Inglés</b> (Máquina)	$D.I.$	$D.I.$
<i>Índice Mínimo C = 7</i>		
<b>Lateral</b>	$D.I.$	$D.I.$
<b>Extendido</b>	$1.1 \times I.D.$	Como se requiera
<b>Especial</b> <i>Tal como requerido según diseño</i>	Como se requiera	

**Figura 3.3.- Tipos de extremos en resortes helicoidales a tensión**

**Tabla 3.2.- Materiales para la fabricación de resortes.**

<b>Material</b>	<b>Temp.. de operación</b>	<b>Especificación AISI (ASTM)</b>
<i>Alambre cuerda de piano</i>	<i>0- 120 °C</i>	<i>AISI- 1085 (A-228)</i>
<i>Templado en aceite y revenido</i>	<i>0- 125 °C</i>	<i>AISI- 1065 (A-229)</i>
<i>Alambre estirado en frío</i>	<i>0- 102 °C</i>	<i>AISI- 1066 (A-227)</i>
<i>Acero al Cr- V templado en aceite y revenido</i>	<i>0- 220 °C</i>	<i>AISI- 6150 (A-232)</i>
<i>Acero al Cr- Si templado en aceite y revenido</i>	<i>0- 250 °C</i>	<i>AISI- 9254 (A-401)</i>
<i>Bronce fosforado</i>	<i>0- 100°C</i>	<i>CA-510 (B-159)</i>

**Tabla 3.3.- Constantes para el calculo de la resistencia a la tensión ( $\sigma_{max} = A/d^m$ ) de alambres de acero.**

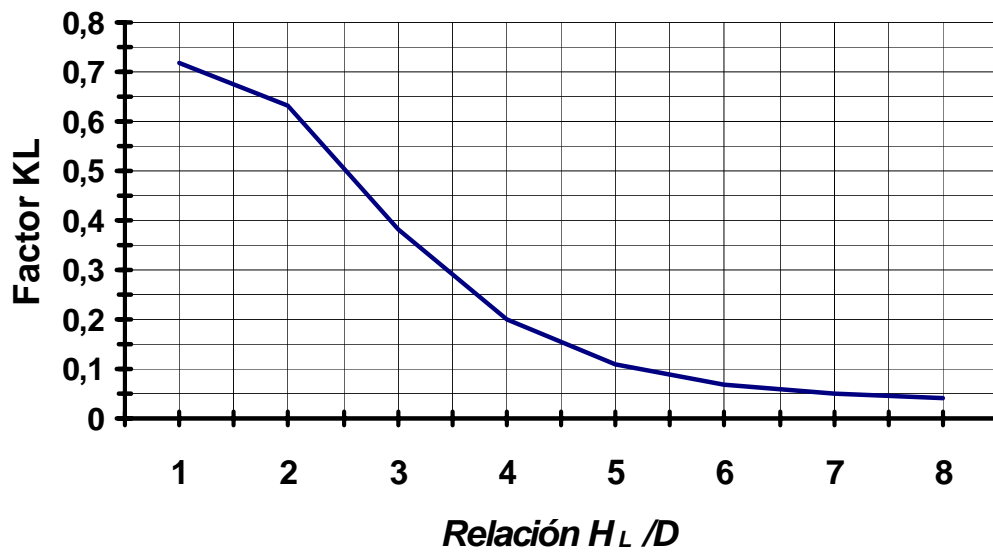
<b>Material</b>	<b>Exponente m</b>	<b>Coficiente A</b>	
		<b>ksi</b>	<b>MPa</b>
<i>Alambre cuerda de piano</i>	<i>0.163</i>	<i>186</i>	<i>2060</i>
<i>Alambre de acero templado en aceite y revenido</i>	<i>0.193</i>	<i>146</i>	<i>1610</i>
<i>Alambre estirado en frío</i>	<i>0.201</i>	<i>137</i>	<i>1510</i>
<i>Acero al Cr- V templado en aceite y revenido</i>	<i>0.155</i>	<i>173</i>	<i>1790</i>
<i>Acero al Cr- Si templado en aceite y revenido</i>	<i>0.091</i>	<i>218</i>	<i>1960</i>

**Tabla 3.4.- Calculo del esfuerzo admisible al corte en resortes bajo cargas estáticas.**

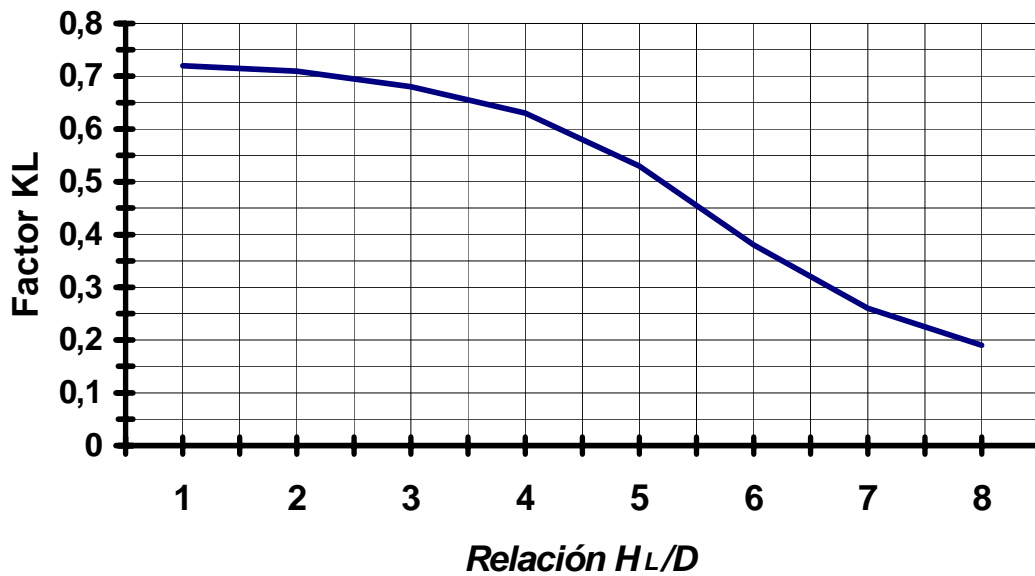
<b>Material</b>	<b>Esfuerzo admisible al corte</b>
<i>Alambre de acero estirado en frío</i>	$\tau_{adm} = 0.45 \sigma_{max}$
<i>Alambre de acero templado y revenido</i>	$\tau_{adm} = 0.50 \sigma_{max}$
<i>Aceros inoxidables y aleaciones no ferrosas</i>	$\tau_{adm} = 0.35 \sigma_{max}$

**Tabla 3.5.- Diámetros normalizados para alambres**

<b>CALIBRE</b>	<b>Alambre de acero (pulg)</b>	<b>Alambre cuerda de piano (pulg)</b>	<b>Calibre Brown &amp; Sharpe (pulg)</b>	<b>Diámetros métricos recomendables (mm)</b>
7/10	0.490	-	-	13.0
6/0	0.4615	0.004	0.580	12.0
5/0	0.4305	0.005	0.516	11.0
4/0	0.393	0.006	0.460	10.0
3/0	0.362	0.007	0.409	9.0
2/0	0.331	0.008	0.364	8.5
0	0.306	0.009	0.324	8.0
1	0.283	0.010	0.289	7.0
2	0.262	0.011	0.257	6.5
3	0.243	0.012	0.229	6.0
4	0.225	0.013	0.204	5.5
5	0.207	0.014	0.181	5.0
6	0.192	0.016	0.162	4.8
7	0.177	0.018	0.144	4.5
8	0.162	0.020	0.128	4.0
9	0.148	0.022	0.114	3.8
10	0.135	0.024	0.101	3.5
11	0.120	0.026	0.090	3.0
12	0.105	0.029	0.080	2.8
13	0.091	0.031	0.072	2.5
14	0.080	0.033	0.064	2.0
15	0.072	0.035	0.057	1.8
16	0.062	0.037	0.050	1.6
17	0.054	0.039	0.045	1.4
18	0.047	0.041	0.040	1.2
19	0.041	0.043	0.035	1.0
20	0.034	0.045	0.032	0.9
21	0.031	0.047	0.028	0.80
22	0.028	0.049	0.025	0.70
23	0.025	0.051	0.022	0.65
24	0.023	0.055	0.020	0.6 ó 0.55
25	0.020	0.059	0.017	0.50 ó 0.55
26	0.018	0.063	0.015	0.45
27	0.017	0.067	0.014	0.45
28	0.016	0.071	0.012	0.40
29	0.015	0.075	0.011	0.40
30	0.014	0.080	0.010	0.35
31	0.013	0.085	0.008	0.35
32	0.012	0.090	0.0079	0.30 ó 0.35
33	0.011	0.095	0.007	0.30
34	0.010	0.100	0.0063	0.28
35	0.0095	0.106	0.00501	0.25
36	0.0090	0.102	0.00500	0.22
37	0.0085	0.118	0.00445	0.22
38	0.0085	0.124	0.00396	0.20
39	0.008	0.130	0.00353	0.20
40	0.0070	0.138	0.00314	0.18






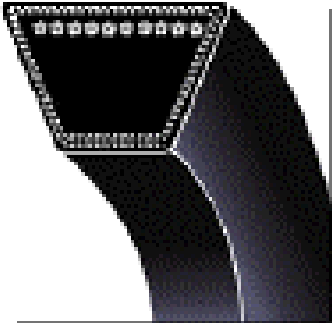
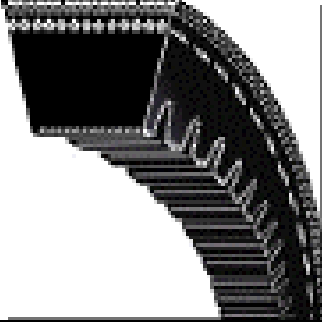
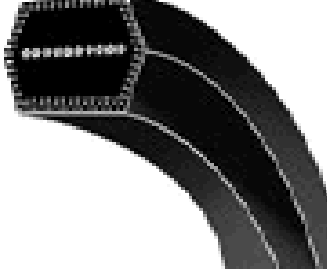
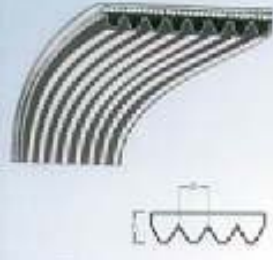

*Figura 3.4.- Factor  $K_L$  para resortes a compresión con extremos articulados*

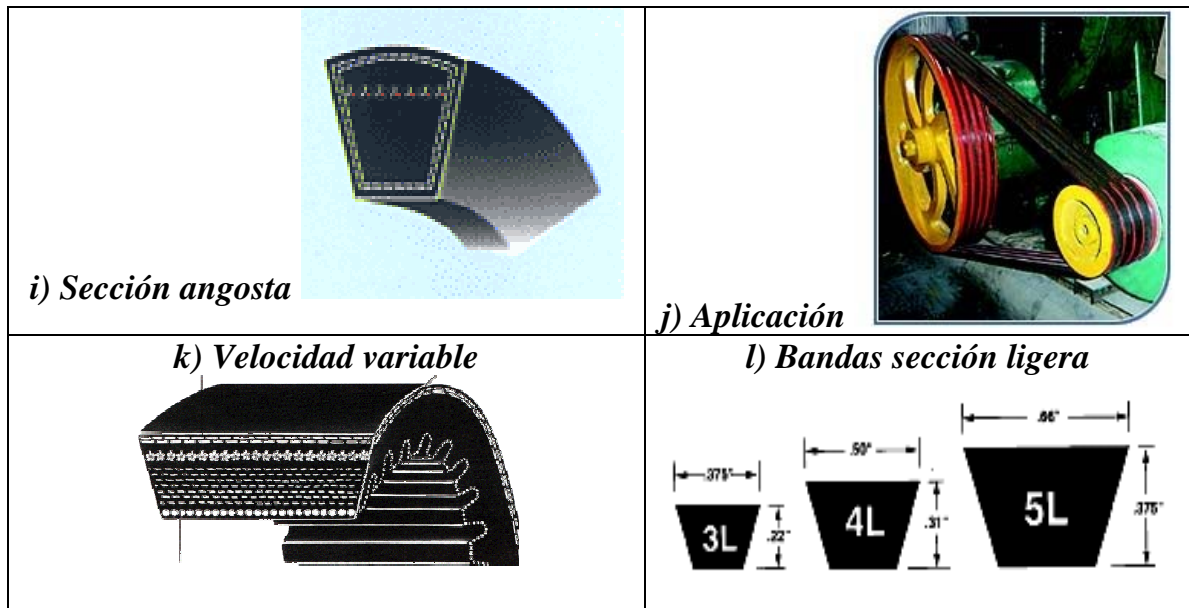


*Figura 3.5.- Factor  $K_L$  para resortes a compresión con extremos fijos*

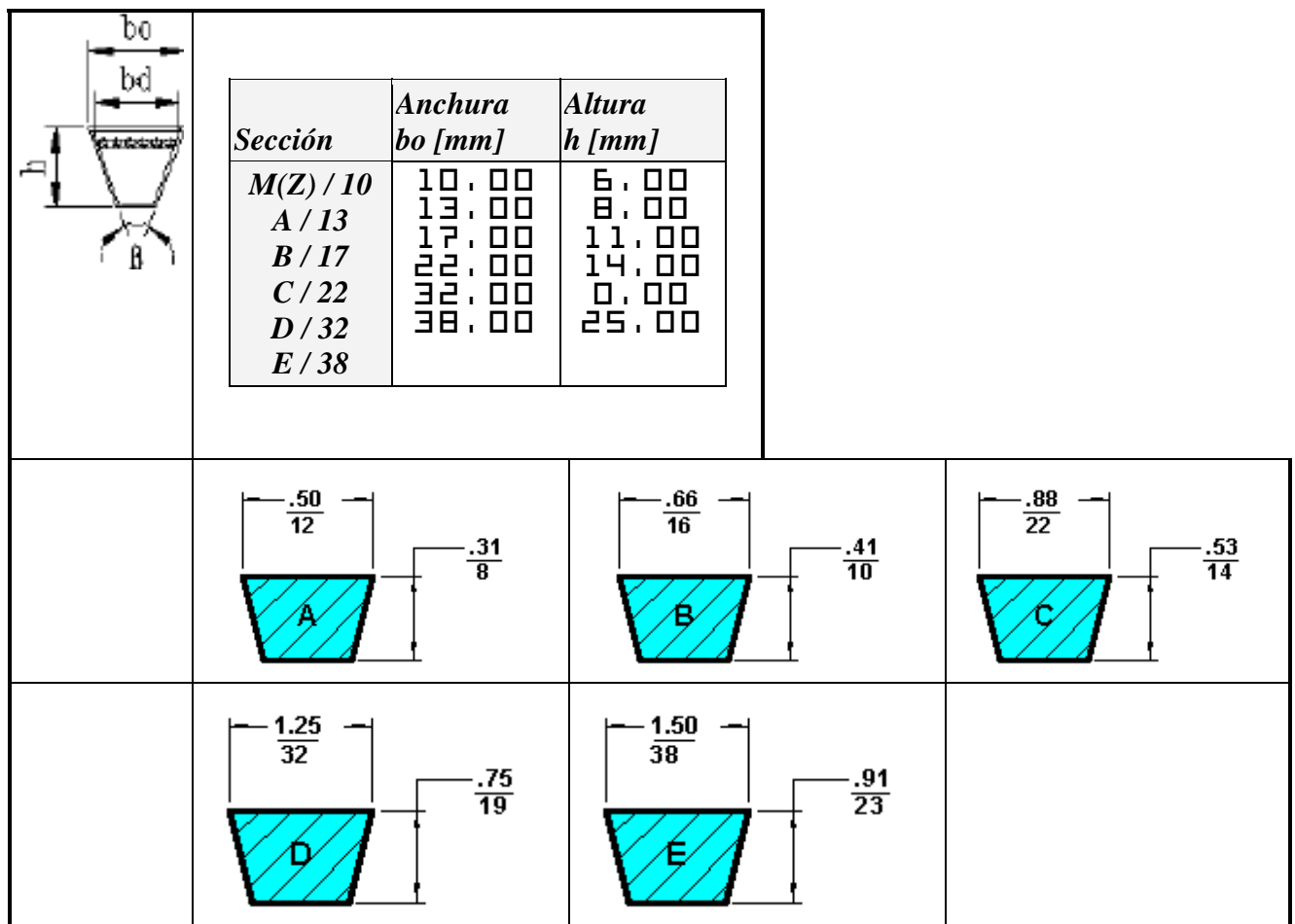


**CAPÍTULO 5**  
**TRANSMISIONES FLEXIBLES**


<p><i>a) Cadena de rodillos</i></p> 	<p><i>b) Cadena articulada</i></p> 
<p><i>c) Cadena silenciosa</i></p> 	<p><i>d) Sección estándar</i></p> 
<p><i>e) Sección estándar dentada</i></p> 	<p><i>f) Sección doble V</i></p> 
<p><i>g) Sección múltiple</i></p> 	<p><i>h) Banda sincrona</i></p> 



**Figura 5.1.- Algunos tipos de transmisiones flexibles.**



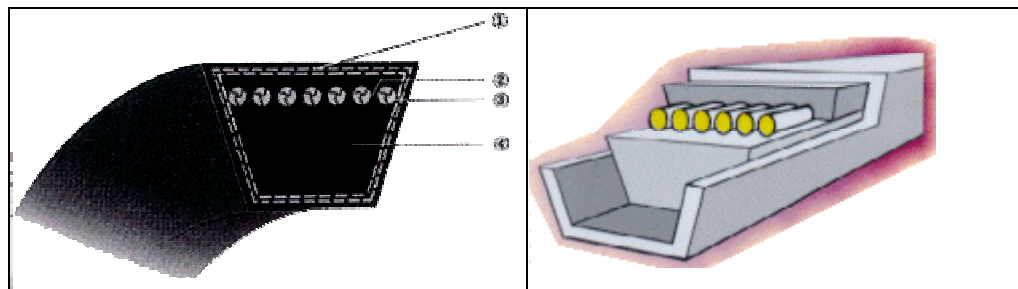
**Figura 5.2.- Bandas V estándar**

	<b>Sección</b>	<b>Anchura bo [mm]</b>	<b>Altura h [mm]</b>
	3V	9.5	8.00
	5V	15.90	13.50
	8V	25.40	22.20

**Figura 5.3.- Bandas V sección angosta.**

**Tabla 5.1.- Características de diseño de algunos tipos de bandas**

<b>Sección</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Potencia máxima Transmisible por banda (kW)</b>	<b>Diámetro mínimo (mm)</b>	<b>Longitudes estándar (mm)</b>
<b>Y, 2L</b>	6 x 4	0.6	20	200 - 500
<b>Z, 3L</b>	10 x 6	2.3	50	400 - 1500
<b>A, 4L</b>	13 x 8	3.3	75	518 - 4100
<b>B, 5L</b>	17 x 11	6.4	125	700 - 7165
<b>C</b>	22 x 14	14.0	200	1070 - 10700
<b>D</b>	32 x 19	32.0	355	2740 - 15200
<b>E</b>	38 x 23	50.0	500	3090 - 16800



<b>Cuerda de refuerzo (3)</b>	<b>Sección de amortiguamiento (2)</b>
High strength cable cords from the main component of power transmission. High tensile strength with a low stretch factor assures consistency throughout the life of the belt.	Specially compounded and firm compressed base rubber member to give support to the cord and designed to permit better wedging, flexing and grip around the pulley groove.
<b>Cubierta (1)</b>	<b>Hule (4)</b>
A tough high quality synthetic rubber impregnated fabric, Heat, Oil and wear resistant, it provides the resistance for an efficient drive.	Holds the tension carrying cords in place and acts as a bond to fuse the cord layer with the cushion rubber. It helps to minimise internal friction.

**Figura 5.4.- Constitución de una bandas en V**

*Tabla 5.2.- Factor de aplicación (F)*

Máquina impulsada	Motores eléctricos: Fase dividida C.A. Jaula de ardilla par normal y síncronos C.C. devanado parale lo. Turbinas eléctric as y de agua. Moto res de combustión in terna más de 4 cilin dros.	Motores eléctricos: C.A. Monofásicos deva nados en serie. Alto deslizamiento, o al to par de arranque. C.A. Rotor devanado tipo capacitor C.C. devanado compound. Máquinas de vapor. Motores de menos de 4 cilindros. Líneas de transmisión con embragues.
Agitadores	1.2	1.4
Compresores centrífugos	1.2	1.4
Transportadores de cinta	1.2	1.4
Transportadores (de tornillos, etc.)	1.4	1.8
Molinos	1.4	1.6
Ventiladores centrífugos	1.2	1.4
Ventiladores de hélice	1.4	2.0
Generadores y alternadores	1.2	1.2
Arboles de transmisión	1.4	1.6
Bombas centrífugas	1.2	1.4
Bombas y compresores		
Alternantes	1.2	1.6

*Tabla 5.3.- Factor de corrección por ángulo de contacto (A)*

$\frac{Dg-Dp}{C}$	Angulo de contacto	Factor de corrección	$\frac{Dg-Dp}{C}$	Angulo de contacto	Factor de corrección
0.00	180°	1.0	0.76	135°	0.87
0.09	175°	0.99	0.84	130°	0.86
0.17	170°	0.98	0.92	125°	0.84
0.26	165°	0.96	1.00	120°	0.82
0.35	160°	0.95	1.07	115°	0.8
0.43	155°	0.94	1.14	110°	0.78
0.52	150°	0.92	1.22	105°	0.76
0.6	145°	0.91	1.28	180°	0.74
0.68	140°	0.89			

*Tabla 5.4.- Características de diseño para bandas V estándar.*

Sección de la banda	Gama de diámetros recomendados		Gama de potencias para una o más bandas	
	Pulg	m	hp	kW
A	3 – 5	0.075 – 0.125	¼ - 10	0.2 – 7.5
B	5.4 – 8	0.137 – 0.20	1 – 25	0.75 – 19
C	8 – 12.4	0.20 - 0.315	15-100	11-75
D	13 – 20.0	0.33 – 0.508	50 –250	38 – 190
E	22.0 – 28.0	0.56 – 0.70	100 y más	75 y más

*Tabla 5.5.- Potencia transmisible por banda (K) para ángulos de contacto de 180° en kW.*

SECCION DE LA BANDA	DIAMETRO DE PASO DE LA POLEA		VELOCIDAD DE LA BANDA EN				
	[pulg]	[m]	5	10	15	20	25
A	2.6	0.066	0.4	0.5	0.4	0.1	
	3.0	0.076	0.5	0.8	0.8	0.7	0.3
	3.4	0.086	0.6	1.0	1.2	1.1	0.8
	3.8	0.096	0.65	1.2	1.4	1.5	1.3
	4.2	0.106	0.7	1.3	1.6	1.8	1.6
	4.6	0.116	0.8	1.4	1.8	2.0	1.9
	5.0 y mayor	0.127	0.9	1.5	2.0	2.2	2.2
B	4.2	0.106	0.8	1.2	1.3	0.9	0.2
	4.6	0.116	0.9	1.5	1.7	1.6	0.9
	5.0	0.127	1.0	1.7	2.1	2.1	1.6
	5.4	0.137	1.1	1.9	2.4	2.5	2.1
	5.8	0.147	1.2	2.1	2.7	2.9	2.6
	6.2	0.157	1.3	2.3	2.9	3.2	3.0
	6.6	0.167	1.4	2.4	3.2	3.5	3.3
	7.0 y mayor	0.177 y mayor	1.5	2.6	3.4	3.7	3.7
C	6	0.152	1.4	2.0	2.0	1.4	
	7	0.177	1.9	2.9	3.5	3.3	2.3
	8	0.203	2.2	3.6	4.5	4.7	4.1
	9	0.229	2.5	4.2	5.4	5.9	5.5
	10	0.254	2.7	4.7	6.0	6.8	6.6
	11	0.279	2.8	5.0	6.6	7.5	7.5
	12 y mayor	0.305 y mayor	3.0	5.3	7.0	7.6	8.3
D	10	0.254	3.1	4.6	4.9	3.8	1.0
	11	0.279	3.7	5.8	6.8	6.3	4.2
	12	0.305	4.3	6.9	8.4	8.5	6.8
	13	0.330	4.7	7.8	9.7	10.3	9.1
	14	0.355	5.1	8.6	10.9	11.8	11.0
	15	0.381	5.4	9.2	11.9	13.1	12.0
	16	0.405	5.7	9.8	12.9	14.3	14.2
17 y mayor		6.0	10.4	13.5	15.1	15.4	
E	16	0.405	6.5	10.6	13.1	13.5	11.4
	18	0.456	7.4	12.4	15.9	17.2	16.0
	20	0.508	8.1	13.9	18.1	20.1	19.7
	22	0.558	8.7	15.1	19.8	22.5	22.8
	24	0.609	9.2	16.1	21.3	24.5	25.6
	26	0.660	9.7	17.0	22.6	26.2	27.4
	28 y mayor	0.711	10.0	17.7	23.7	27.7	29.2

***Tabla 5.6.- Número de serie y longitud en la línea de paso para bandas V estándar***

<i>Sección A</i>		<i>Sección B</i>		<i>Sección C</i>		<i>Sección D</i>		<i>Sección E</i>	
<i>No. de serie</i>	<i>Long. de paso</i>	<i>No. de serie</i>	<i>Long. de paso</i>	<i>No. De serie</i>	<i>Long. de paso</i>	<i>No. de serie</i>	<i>Long. de paso</i>	<i>No. de serie</i>	<i>Long. de paso.</i>
A26	26.0	B35	36.1	C51	52.6	D120	122.2	E180	183.3
A31	31.9	B38	39.1	C60	61.4	D128	130.4	E195	198.5
A35	35.9	B42	43.1	C68	69.4	D144	146.4	E210	213.6
A38	38.9	B46	47.1	C75	76.6	D158	160.0	E240	240.0
A42	42.9	B51	52.1	C81	82.6	D162	164.4	E270	270.0
A46	46.9	B55	56.4	C85	86.2	D173	175.4	E300	300.0
A51	51.9	B60	61.0	C90	91.9	D180	182.6	E330	330.0
A60	60.9	B68	69.3	C96	97.9	D195	197.6	E360	360.0
A68	68.9	B75	76.3	C105	106.9	D210	213.1		
A75	75.9	B81	82.3	C112	113.9	D240	240.0		
A80	81.1	B85	86.5	C120	122.0	D270	270.0		
A85	86.1	B90	91.5	C128	130.0	D300	300.0		
A90	91.1	B97	99.0	C144	146.0	D330	330.0		
A96	97.1	B105	106.5	C158	160.0	D360	360.0		
A105	106.1	B112	114.0	C162	164.4				
A112	113.1	B120	121.5	C173	175.0				
A120	121.1	B128	129.5	C180	182.0				
A128	129.1	B144	145.5	C195	197.0				
		B158	159.5	C210	212.0				
		B173	174.5	C240	240.0				
		B180	181.6	C270	270.0				
		B195	196.3	C300	300.0				
		B210	211.3	C330	330.0				
		B240	240.0	C360	360.0				
		B270	270.0						
		B300	370.0						

**Tabla 5.7.-Dimensiones normalizadas para cadenas silenciosas**



ANSI Chain No.	Paso x ancho		Roller Dia.	Pin			Link Plate				Tensile Strength
				Dia.	Length		Height		Thickness		
	inch	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
25H	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	3.30	2.30	4.50	5.10	5.00	5.80	1.00	1.00	530
82RH2005	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	SC0405DHA	2.40	6.10		2.80	6.70	1.00	0.70	520
82RH2010	1/4" x 1/4"	6.350 x 6.350	SCA0409	2.40	8.25		2.80	6.70	1.00	0.70	780
82RH2015	1/4" x 3/8"	6.350 x 9.525	SC2515	2.40	10.30		2.80	6.70	1.00	1.00	1040
92RH2005	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	SCA0404	2.40	6.10		2.80	6.70	1.00	0.70	520
92RH2010	1/4" x 1/4"	6.350 x 6.350	SC0412H	2.40	8.25		2.80	6.70	1.00	0.70	780
92RH2015	1/4" x 3/8"	6.350 x 9.525	SCA0412HSDH	2.40	10.30		2.80	6.70	1.00	1.00	1040
270H	0.335 x 0.187	8.50 x 4.5	5.00	3.28	13.15		6.96	8.60	1.30	1.70	980

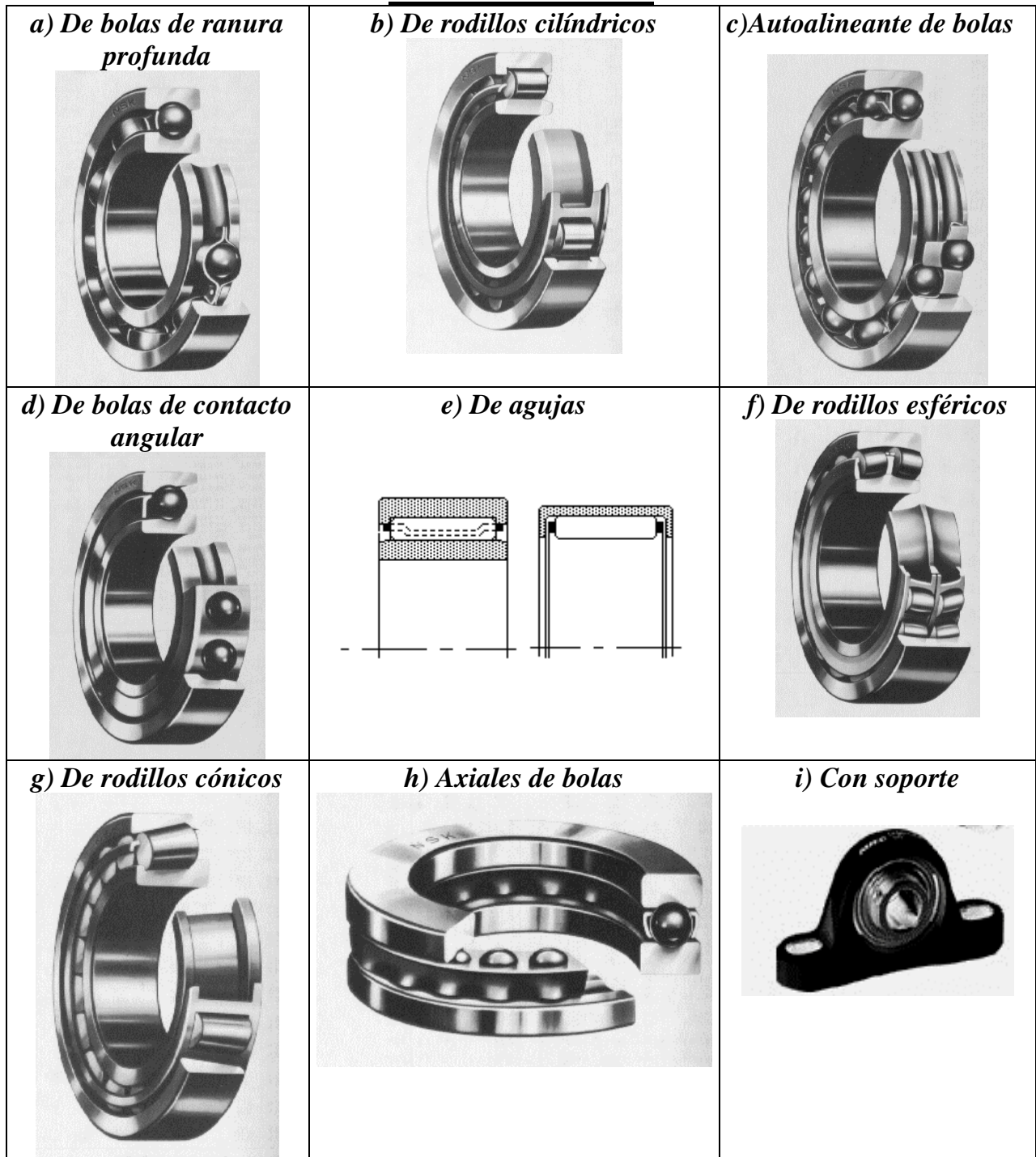
**Tabla 5.8.- Dimensiones normalizadas para cadenas de rodillos**



ANSI Chain No.	Paso x ancho		Roller Dia.	Pin			Link Plate				Tensile Strength
				Dia.	Length		Height		Thickness		
	inch	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
25	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	3.30	2.30	3.80	4.80	5.00	5.80	1.00	1.00	530
35	3/8" x 3/16"	9.525 x 4.800	5.08	3.60	5.80	7.00	7.40	8.70	1.25	1.25	950
41	1/2" x 1/4"	12.70 x 6.35	7.80	6.60	7.90	8.50	8.33	9.73	1.25	3.62	950
40	1/2" x 5/16"	12.70 x 7.95	7.95	3.96	8.25	9.35	10.20	12.00	1.50	1.50	1800
50	5/8" x 3/8"	15.875 x 9.53	10.16	5.06	10.10	11.60	13.00	15.00	2.00	2.00	3000
60	3/4" x 1/2"	19.05 x 12.70	11.91	5.95	12.50	14.15	15.65	17.50	2.40	2.40	4200
80	1" x 5/8"	25.4 x 15.88	15.87	7.94	16.10	17.70	20.80	24.00	3.10	3.10	7300



**CAPÍTULO 6**  
**RODAMIENTOS**



*Figura 6.1.- Principales tipos de rodamientos.*

**Tabla 6.1.- Características de cada tipo de rodamiento para poder ser usado en una aplicación específica.**

Rodamiento	Dirección de la carga			Relación carga/volumen			Capacidad de desalineación		
	Radial	Axial	Ambas	Alta	Media	Baja	Alta	Media	baja
De bolas de ranura profunda	Si		Si		Si			Si	
De rodillos cilíndricos	Si		Algunos		Si				Si
De agujas	Si		Si	Si					Si
De rodillos cónicos	Si	Si	Si		Si				Si
Autoalineante de bolas	Si		Si			Si	Si		
De rodillos esféricos	Si		Si		Si		Si		
De bolas de contacto angular		Si				Si			Si
Axial de bolas		Si			Si				Si

*Después de seleccionar el tipo de rodamiento adecuado se debe determinar su tamaño en base a su capacidad de carga estática o su capacidad de carga dinámica. Si el rodamiento está estacionario por largos períodos o gira lentamente y sometido a cargas de impacto, entonces, el procedimiento de selección debe realizarse sobre la base de su capacidad de carga estática. Para operación continua el rodamiento se selecciona sobre la base de su capacidad de carga dinámica.*

Capacidad de carga estática.-

*La capacidad de carga estática para cada rodamiento que se puede encontrar en manuales se basa en las cargas estáticas radial y axial que actúan sobre el rodamiento.*

*Cuando un rodamiento está sometido tanto a cargas axial y radial, la carga equivalente estática puede calcularse así:*

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

*Si sólo actúan fuerzas radiales:*

$$P_o = F_r$$

*Donde:*

*P<sub>o</sub> = carga equivalente estática (N)*

*F<sub>r</sub> = carga estática radial (N)*

*F<sub>a</sub> = carga estática axial (N)*

*X<sub>o</sub> = factor radial estático*

*Y<sub>o</sub> = factor estático axial.*

*Los valores X<sub>o</sub> & Y<sub>o</sub> se proporcionan en tablas.*

## DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

*El coeficiente de Seguridad estática se puede calcular así:*

$$Co = SoPo$$

*Donde:*

*Co = Coeficiente de seguridad estática (N)*

*So = factor de seguridad estática*

*Po = Carga estática equivalente (N)*

*Los valores de So dependen del tipo de rodamiento y de las necesidades de funcionamiento. En la tabla 6.2 se proporcionan los valores del Coeficiente de Seguridad*

**Tabla 6.2.- Coeficiente de seguridad estático**

<i>Tipo de carga</i>	<i>Ruido no importante</i>		<i>Funcionamiento normal</i>		<i>Funcionamiento silencioso</i>	
	<i>Bolas</i>	<i>Rodillos</i>	<i>Bolas</i>	<i>Rodillos</i>	<i>Bolas</i>	<i>Rodillos</i>
<i>Carga suave</i>	0.5	1	1	1.5	2	3
<i>Carga normal</i>	0.5	1	1	1.5	2	3.5
<i>Carga con impacto</i>	$\geq 1.5$	$\geq 2.5$	$\geq 1.5$	$\geq 3$	$\geq 2$	$\geq 4$

### *Capacidad de carga dinámica*

*La capacidad de carga dinámica de un rodamiento depende de las fuerzas dinámicas que actúan sobre el rodamiento, así como de las cargas estáticas básicas. Por lo tanto el primer paso es calcular la carga estática equivalente antes de continuar con el procedimiento siguiente.*

*Si el rodamiento está sometido tanto a carga radial como a carga axial, entonces puede calcularse la carga dinámica equivalente:*

$$P = XFr + YFa$$

*Donde:*

*P = Carga dinámica equivalente (N)*

*Fr = Carga estática radial (N)*

*Fa = carga estática axial (N)*

*X = factor radial*

*Y = factor axial*

*cuando Fa = 0 o Fa es relativamente pequeño hasta un valor límite de Fa/Fr = e (donde e es un valor límite) entonces:*

$$P = Fr$$

*Los valores de X, Y & e se proporcionan en tablas.*

## DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Una vez que se ha calculado la carga dinámica equivalente puede utilizarse para calcular la capacidad de carga dinámica del rodamiento, utilizándose este valor para seleccionar el rodamiento sobre la base de la vida requerida y a la carga dinámica equivalente ( $P$ )

La ecuación ISO para duración nominal establece:

$$L_{10} = \left[ \frac{C}{P} \right]^p \quad \text{or} \quad C = PL_{10}^{1/p}$$

Donde:

$L$  = Duración nominal en millones de revoluciones

$C$  = capacidad de carga dinámica del rodamiento

$P$  = carga dinámica equivalente

$p$  = exponente de duración

$p = 3$  para todos los rodamientos de bolas

$p = 10/3$  para los demás tipos de rodamientos.

---

### Duración nominal de un rodamiento

La duración nominal (definida como el número de revoluciones que el 90% de un grupo de rodamientos idénticos pueden sobrevivir) se determina a partir de la vida esperada del rodamiento. Las expectativas de vida para diversas máquinas de proporcionan en la tabla 6.3.

**Tabla 6.3.- Vida esperada en un rodamiento para diversas aplicaciones.**

Uso de la máquina	Horas
Intermitente, máquinas domésticas	300-3000
Periodos cortos- herramientas manuales- automóviles	3000-8000
Alta confiabilidad por periodos cortos-grúas	8000-12000
8 horas / día- uso parcial – motores	10000-25000
8 horas / día- uso total- máquinas herramientas-ventiladores	20000-30000
Uso continuo	40000-50000

### Rodamientos de bolas de garganta profunda

Carga estática equivalente

$$\text{Sí } Fa/Fr > 0.8, Po = 0.6Fr + 0.5Fa$$

$$\text{Sí } Fa/Fr \leq 0.8, Po = Fr$$

Carga dinámica equivalente

$$P = XFr + YFa$$

## DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

*X & Y son dependientes de la relación Co/Fa*

$\frac{C_o}{F_a}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
5	0.35	1	0	0.56	1.26
10	0.29	1	0	0.56	1.49
15	0.27	1	0	0.56	1.64
20	0.25	1	0	0.56	1.76
25	0.24	1	0	0.56	1.85
30	0.23	1	0	0.56	1.92
50	0.20	1	0	0.56	2.13
70	0.19	1	0	0.56	2.28

### Rodamientos de rodillos cilíndricos

*Carga estática equivalente*

$$P_o = F_r$$

*Calculo de la carga equivalente*

$$P = F_r$$

### Rodamientos de agujas

*Estos rodamientos solamente pueden soportar cargas axiales, por lo tanto.*

$$\begin{aligned} P_o &= F_r \\ P &= F_r \\ S_o &= 3 \end{aligned}$$

### Rodamientos de rodillo cónicos.

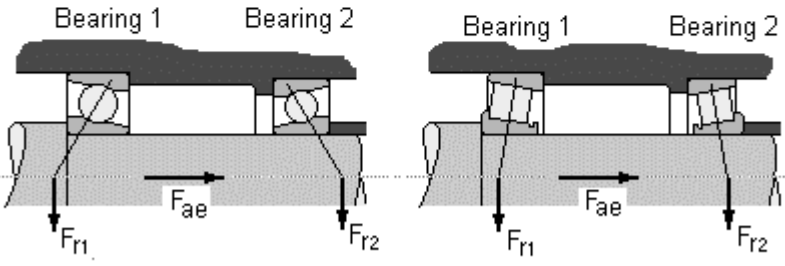
$$F_{oi} = 0.6 F_r \cdot Y$$

*Donde:*

*F<sub>oi</sub> = Componente de la carga en dirección axial*

## DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Assume that radial loads  $F_{r1}$  and  $F_{r2}$  are applied on bearings 1 & 2 respectively, and an external axial load  $F_{ae}$  is applied as shown. If the axial load factors are  $Y_1$ ,  $Y_2$  and the radial load factor is  $X$ , the equivalent loads  $P_1$ ,  $P_2$  may be calculated as follows:

Where $F_{ae} + \frac{0.6 F_{r2}}{Y_2} > \frac{0.6 F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = X F_{r1} + Y_1 (F_{ae} + \frac{0.6 F_{r2}}{Y_2})$ $P_2 = F_{r2}$
Where $F_{ae} + \frac{0.6 F_{r2}}{Y_2} < \frac{0.6 F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = F_{r1}$ $P_2 = X F_{r2} + Y_2 (\frac{0.6 F_{r1}}{Y_1} - F_{ae})$
	

Source: NSK-RHP

### *Carga equivalente estática*

$$P_o = 0.5Fr + Y_oFa \text{ o sí } P_o < Fr \text{ use } P_o = Fr$$

### *Carga equivalente dinámica*

$$\begin{aligned} \text{Sí } Fa/Fr &\leq e, P = Fr \\ \text{Sí } Fa/Fr &> e, P = 0.4Fr + Y1Fa \end{aligned}$$

Los valores de  $e$ ,  $Y_o$ ,  $Y1$  se proporcionan en catálogos.

### Rodamiento de bolas de contacto angular (ángulo de contacto = 40°)

$$F_{ai} = 0.6Fr \cdot Y$$

Donde:

$F_{ai}$  = Componente de la carga en dirección axial

## DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Assume that radial loads  $F_{r1}$  and  $F_{r2}$  are applied on bearings 1 & 2 respectively, and an external axial load  $F_{ae}$  is applied as shown. If the axial load factors are  $Y_1$ ,  $Y_2$  and the radial load factor is  $X$ , the equivalent loads  $P_1$ ,  $P_2$  may be calculated as follows:

Where $F_{ae} + \frac{0.6 F_{r2}}{Y_2} > \frac{0.6 F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = X F_{r1} + Y_1 (F_{ae} + \frac{0.6 F_{r2}}{Y_2})$ $P_2 = F_{r2}$
Where $F_{ae} + \frac{0.6 F_{r2}}{Y_2} < \frac{0.6 F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = F_{r1}$ $P_2 = X F_{r2} + Y_2 (\frac{0.6 F_{r1}}{Y_1} - F_{ae})$
<p style="text-align: center;">Loads in Opposed Duplex Arrangement</p>	

Source: NSK-RHP

***Carga equivalente estática en rodamiento sencillo o en tandem***

$$P_o = 0.5Fr + 0.26Fa \text{ o sí } P_o < Fr \text{ use } P_o = Fr$$

***Carga equivalente estática espalda-espalda ó frente-frente***

$$P_o = Fr + 0.52Fa$$

***Carga equivalente dinámica en rodamiento sencillo ó en tandem***

$$\begin{aligned} \text{Sí } Fa/Fr &\leq 1.14, P = Fr \\ \text{Sí } Fa/Fr &> 1.14, P = 0.35Fr + 0.57Fa \end{aligned}$$

***Carga equivalente dinámica espalda-espalda o frente a frente***

$$\begin{aligned} \text{Sí } Fa/Fr &\leq 1.14, P = Fr + 0.55Fa \\ \text{Sí } Fa/Fr &> 1.14, P = 0.57Fr + 0.93Fa \end{aligned}$$

***Fr y Fa son las fuerzas que actúan sobre el par de rodamientos.***

Rodamiento de bolas autoalineante

*Carga equivalente estática*

$$P_o = F_r + Y_o F_a$$

*Y se proporciona en tablas para cada rodamiento*

*Carga equivalente dinámica*

$$\begin{aligned} \text{Sí } F_a/F_r \leq e, P &= F_r + Y_3 F_a \\ \text{Sí } F_a/F_r > e, P &= 0.65 F_r + Y_3 F_a \end{aligned}$$

*Los valores de e, Y<sub>o</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> se proporcionan en tablas.*

Rodamientos de rodillos esféricos

*Carga estática equivalente*

$$P_o = F_r + Y_o F_a$$

*Carga equivalente dinámica*

$$\begin{aligned} \text{Sí } F_a/F_r \leq e, P &= F_r + Y_3 F_a \\ \text{Sí } F_a/F_r > e, P &= 0.67 F_r + Y_2 F_a \end{aligned}$$

*Los valores de e, Y<sub>o</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> se proporcionan en tablas.*

Rodamiento axial de bolas.

*Carga estática equivalente*

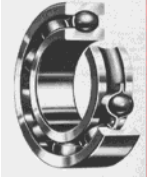
$$P_o = F_a$$

*Carga equivalente dinámica*


$$P = F_a$$



***Tabla 6.4.- Parámetros de diseño para rodamientos de bolas de ranura profunda***

	<i>Dimensiones</i>				<b>Capacidad</b>		<b>Velocidad</b>	
	d	D	B	r <sub>min</sub>	C <sub>ISO</sub>	C <sub>0,ISO</sub>	Grasa	Aceite
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	n <sub>g</sub> (rpm)	
6000	10	26	8	0.3	4.58	1.97	28 500	35 000
6001	12	28	8	0.3	6.10	2.37	25 500	32 000
6002	15	32	9	0.3	6.59	2.84	22 000	28 000
6003	17	35	10	0.3	6.00	3.25	20 000	25 000
6004	20	42	12	0.6	9.38	6.03	16 500	20 000
6005	25	47	12	0.6	10.07	6.83	14 500	18 000
6006	30	55	13	1.0	13.23	8.28	12 000	15 000
6007	35	62	14	1.0	16.98	10.28	10 500	13 000
6008	40	68	15	1.0	16.77	11.55	9 500	12 000
6009	45	75	16	1.0	20.98	16.15	8 500	10 500
6010	50	80	16	1.0	21.79	16.58	8 000	10 000
6011	55	90	18	1.1	28.27	21.25	7 200	9 000
6012	60	95	18	1.1	29.44	23.16	6 700	8 000
6013	65	100	18	1.1	30.54	26.15	6 300	7 500
6014	70	110	20	1.1	38.05	30.87	5 700	6 800
6015	75	115	20	1.1	39.52	33.47	5 400	6 500
6016	80	125	22	1.1	47.64	39.68	5 000	6 000
6017	85	130	22	1.1	49.53	42.98	4 800	5 800
6018	90	140	24	1.5	58.16	49.60	4 500	5 400
6019	95	145	24	1.5	60.36	53.87	4 300	5 200
6020	100	150	24	1.5	60.14	54.18	4 100	4 900
6021	105	160	26	2.0	72.30	66.77	3 900	4 700
6022	110	170	28	2.0	81.97	72.75	3 700	4 400
6024	120	180	28	2.0	84.94	79.23	3 400	4 000
6026	130	200	33	2.0	106.35	100.61	3 100	3 700
6028	140	210	33	2.0	109.99	108.64	2 800	3 300

*Tabla 6.5.- Parámetros de diseño para rodamientos cónicos.*

	<i>Dimensiones (mm)</i>			<i>Capacidad (daN)</i>		<i>Velocidad de giro límite r.p.m</i>	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Co</i>	<i>Grasa</i>	<i>Aceite</i>
<i>302 03</i>	17	40	12	1660	1120	10000	13000
<i>302 04</i>	20	47	14	2400	1700	8500	11000
<i>302 05</i>	25	52	15	2700	1960	7500	10000
<i>302 06</i>	30	62	16	3550	2600	6300	8300
<i>302 07</i>	35	72	17	4500	3350	5300	7000
<i>302 08</i>	40	80	18	5200	3900	4800	6300
<i>302 09</i>	45	85	19	5850	4500	4400	5800
<i>302 10</i>	50	90	20	6550	5300	4100	5400
<i>302 11</i>	55	100	21	7800	6200	3600	4700
<i>302 12</i>	60	110	22	8500	6700	3300	4300
<i>302 13</i>	65	120	23	10000	8000	3000	3900
<i>302 14</i>	70	125	24	11000	9000	2800	3700
<i>302 15</i>	75	130	25	12200	10200	2600	3400
<i>302 16</i>	80	140	26	12900	10600	2500	3300
<i>302 17</i>	85	150	28	15300	12700	2300	3000
<i>302 18</i>	90	160	30	17000	14300	2200	2900
<i>302 19</i>	95	170	32	19000	16000	2000	2600
<i>302 20</i>	100	180	34	21600	18600	1900	2500
<i>302 21</i>	105	190	36	23600	20400	1800	2400
<i>302 22</i>	110	200	38	26500	23600	1700	2300
<i>302 24</i>	120	215	40	30000	26500	1600	2100

# "FORMULARIO"

## Esfuerzo Normal

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

## Esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{P}{A}$$

## Elongación

$$\delta = \frac{PL}{EA}$$

## Deformación unitaria por corte

$$\gamma = \frac{\varepsilon_s}{L}$$

## Módulo de elasticidad al corte

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

## Módulo de elasticidad o de Young (Rigidez del material)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

## Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\sigma_{\text{FLUENCIA}}}{\sigma_{\text{ADMISIBLE}}}$$

## Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\tau_{\text{FLUENCIA}}}{\tau_{\text{ADMISIBLE}}}$$

## Esfuerzo de contacto

$$\sigma_c = \frac{P}{A_c}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{n(d * t)}$$

## Módulo o relación de Poisson

$$\mu = \left| \frac{-\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \right| = \left| \frac{-\varepsilon_z}{\varepsilon_x} \right|$$

## Esfuerzos térmicos

$$\delta_T = \alpha L (\Delta T)$$

$$\sigma_T = \alpha E (\Delta T)$$

## Deformación unitaria sobre el eje x (elemento sometido a tensión)

$$\varepsilon_x = \frac{\delta_x}{L_x}$$

## Deformación unitaria sobre el eje y

$$\varepsilon_y = \frac{-\delta_y}{L_y}$$

## Deformación unitaria sobre el eje z

$$\varepsilon_z = \frac{-\delta_z}{L_z}$$

## Esfuerzo y deformación angular en flechas

$$\tau = \frac{\pi R}{J} = \frac{\pi D}{2J}$$

$$\theta = \frac{M_t L}{GJ}$$

Momento polar de inercia para una sección circular sólida

$$J = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi R^4}{2}$$

Momento polar de inercia para una sección circular hueca

$$J = \frac{\pi(R_E^4 - R_I^4)}{2}$$

Momento polar de inercia para una sección circular de pared delgada o tubular

$$J = 2\pi R_E^3 t$$

Transmisión de potencia mediante flechas

$$Pot = M_T \omega$$

$$Pot = \frac{M_t n}{63000} \text{ (Sistema inglés)}$$

$$Pot = \frac{M_t n}{9550} \text{ (Sistema Internacional)}$$

$$Pot = \frac{M_t n}{71600} \text{ (Sistema métrico técnico)}$$

**RESORTES**

Esfuerzo cortante

$$\tau = k_s \frac{8PD}{\pi d^3}$$

Deformación axial

$$\Delta = \frac{8PC^3 n_C}{Gd}$$

Constante del resorte

$$q = \frac{P}{\Delta}$$

**RECIPIENTES A PRESIÓN DE PARED DELGADA**

RECIPIENTES CILÍNDRICOS

Esfuerzo radial

$$\sigma_1 = \frac{Pe \cdot r}{t} = \frac{Pe \cdot d}{2t}$$

Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_2 = \frac{Pe \cdot d}{4t} = \frac{Pe \cdot r}{2t}$$

RECIPIENTES ESFÉRICOS

Esfuerzo radial

$$\sigma_1 = \frac{Pe \cdot d}{4t}$$

Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_2 = \frac{Pe \cdot d}{4t}$$

**ESFUERZOS EN VIGAS**

Esfuerzo normal o de flexión

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

**Esfuerzo cortante directo**

$$\tau = \frac{V}{A}$$

**Esfuerzo cortante longitudinal**

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

**Modulo de sección**

$$Z = \frac{I}{C}$$

**Esfuerzos principales máximo y mínimo**

(Máximo)

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

(Mínimo)

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

**Esfuerzo cortante máximo**

$$\tau_{mx} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

**Teoría de la energía máxima de distorsión**

$$(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2 - \sigma_1\sigma_2 \leq (\sigma_f)^2$$

**Teoría del esfuerzo normal**

$$|\sigma_1| \leq \frac{\sigma_{\max}}{F.S} \quad y \quad |\sigma_2| \leq \frac{\sigma_{\max}}{F.S}$$

**Teoría del esfuerzo cortante máximo**

$$\sigma_1 \leq \frac{\sigma_f}{FS} \quad y \quad \sigma_2 \leq \frac{\sigma_f}{FS}$$

$$|\sigma_1 - \sigma_2| \leq \frac{\sigma_f}{F.S}$$

**Factor teórico de esfuerzos**

$$K_t = \frac{\sigma_{mx}}{\sigma_{promedio}} \quad K_t = \text{factor teórico}$$

**Calculo de esfuerzos incluyendo la concentración de esfuerzos.**

**Axial**

$$\sigma = k_t \frac{P}{A}$$

**Torsión**

$$\tau = k_t \frac{M_t D}{2J}$$

**Flexión**

$$\sigma = k_t \frac{MC}{I}$$

**Resistencia a la fatiga**

$$\sigma_e = \sigma_e' \left( \frac{1}{k_f} \right) k_a k_b k_c k_d \quad (\text{flexión})$$

$$\tau = \tau_e' \left( \frac{1}{k_f} \right) k_a k_b k_c k_d \quad (\text{torsión})$$

**Ecuaciones de diseño**

**Ec. de Goodman**

$$\frac{1}{F.S} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\max}} + \frac{\sigma_r}{\sigma_e}$$

**Ec. de Gerber**

$$\frac{1}{F.S} = \left( \frac{\sigma_m}{\sigma_{\max}} \right)^2 + \frac{\sigma_r}{\sigma_e}$$

**Ec. de Soderberg**

$$\frac{1}{F.S} = \frac{\sigma_m}{\sigma_f} + \frac{\sigma_r}{\sigma_e} \quad (\text{cargas axiales})$$

$$\frac{1}{F.S} = \frac{\tau_m}{\tau_f} + \frac{\tau_r}{\tau_e} \quad (\text{torsión})$$

**PROYECTO DE FLECHAS**

**Ecuación para flechas sometidas acargas variables**

$$\frac{\sigma_f}{F.S} = \frac{32}{\pi D^3} \sqrt{\left( M_m + M_r \frac{\sigma_f}{\sigma_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( Mt_m + Mt_r \frac{\tau_f}{\tau_e} \right)^2}$$

**Momentos flexionantes**

$$Mm = \frac{Mmx + M \min}{2}$$

$$Mr = \frac{Mmx - M \min}{2}$$

**Momentos torsionantes**

$$Mtm = \frac{Mtmx + Mt \min}{2}$$

$$Mtr = \frac{Mtmx - Mt \min}{2}$$

**Código ASME**

$$\tau_{\text{cal}} = \frac{16}{\pi D^3} \sqrt{(Cm * M)^2 + (Ct * Mt)^2}$$

**ENGRANES**

$$P_c = \frac{\pi D_p}{N_p} = \frac{\pi D_g}{N_g}$$

$$P = \frac{N_p}{D_p} = \frac{N_g}{D_g}$$

$$P_c * P = \pi$$

$$m = \frac{D_p}{N_p}$$

$$m_w = \frac{n_p}{n_g} = \frac{D_g}{D_p} = \frac{N_g}{D_p}$$

$$C = \frac{1}{2P} (N_p + N_g)$$

$$C = \frac{m}{2} (N_p + N_g)$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{D_b}{D}$$

$$b = k * P_c$$

$$F_t = \frac{2M_t}{D}$$

Ecuación de Lewis

$$F = \sigma * k * y * \frac{\pi^2}{P^2}$$

$$F = \sigma * k * y * \pi^2 * m^2$$

Ecuación de AGMA

$$F = \frac{12 * \sigma * J * k_v}{P^2 * k_a * k_s}$$

$$F = \frac{12 * \sigma * J * k_v * m^2}{k_a * k_s}$$

Esfuerzo de contacto en un diente  
(desgaste)

$$\sigma_c = C_p \left( \frac{F_t * k_a * k_s}{k_v * b * D_p * I} \right)^{1/2}$$

$C_p = \text{coeficiente elástico} = 2317.6 \frac{\text{lb}^{1/2}}{\text{plg}}$  (sistema inglés)

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- *Diseño de elementos de máquinas.*  
*Robert L. Mott*  
*Prentice Hall Hispanoamericana . México. 1995.*
- 2.- *Diseño y análisis de elementos de máquinas*  
*R. R. Slymaker*  
*Limusa-Wiley. México. 1966.*
- 3.- *Diseño en ingeniería mecánica*  
*Joseph Edward Shigley y Charles R. Mischke*  
*Mc. Graw Hill. México. 1993.*
- 4.- *Diseño de máquinas. Teoría y práctica.*  
*Aarón D. Deutschman, Walter J. Michels y Charles E. Wilson*  
*Ed. CECSA. México. 1987.*
- 5.- *Machine design*  
*Paul H. Black*  
*O. Eugene Adams Jr.*  
*Mc. Graw Hill. Tokio. 1968*
- 6.- *Mechanical Behavior of Materials*  
*Norman E. Dowling*  
*Prentice Hall. New Jersey. 1993.*
- 7.- *Diseño de elementos de máquinas*  
*Guillermo Aguirre Esponda*  
*Ed. Trillas-UNAM. México.1990.*
- 8.- *Rodamientos Steyr.*  
*Catálogo 277 S*  
*Steyr- Daimler- Punch. Austria. 1977.*
- 9.- [www.orsbearins.com](http://www.orsbearins.com)
- 10.- [www.palmexico.com](http://www.palmexico.com)
- 11.- [www.agma.org](http://www.agma.org)
- 12.- [www.asme.org](http://www.asme.org)
- 13.- [www.afbma.org](http://www.afbma.org)



