



Rodamientos

Calculo y selección. Aplicaciones. Montaje y desmontaje.
Mantenimiento. Rodamientos especiales

Rodamientos. Descripción

- ▶ Los rodamientos son un tipo de soporte de ejes o cojinetes que emplean pequeños elementos rodantes para disminuir la fricción entre las superficies giratorias, dado que la resistencia de fricción por rodadura es menor que la resistencia de fricción por deslizamiento.
- ▶ Las ventajas del empleo de los rodamientos en lugar de los cojinetes de fricción son:
 - ▶ Menor fricción en los procesos transitorios (especialmente en el arranque)
 - ▶ Poseen capacidad para soportar cargas combinadas radiales y axiales
 - ▶ Exigen menor espacio axial.
 - ▶ La lubricación es más sencilla y pueden trabajar a mayores temperaturas sin requerir mantenimiento riguroso.
 - ▶ Fundamentalmente son elementos estandarizados y fáciles de seleccionar

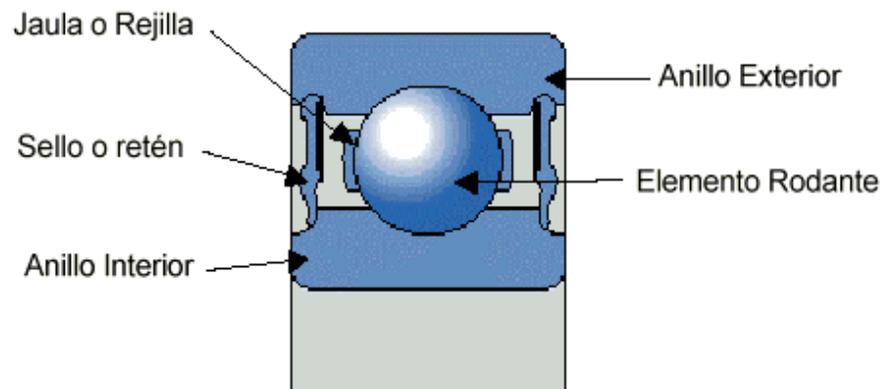
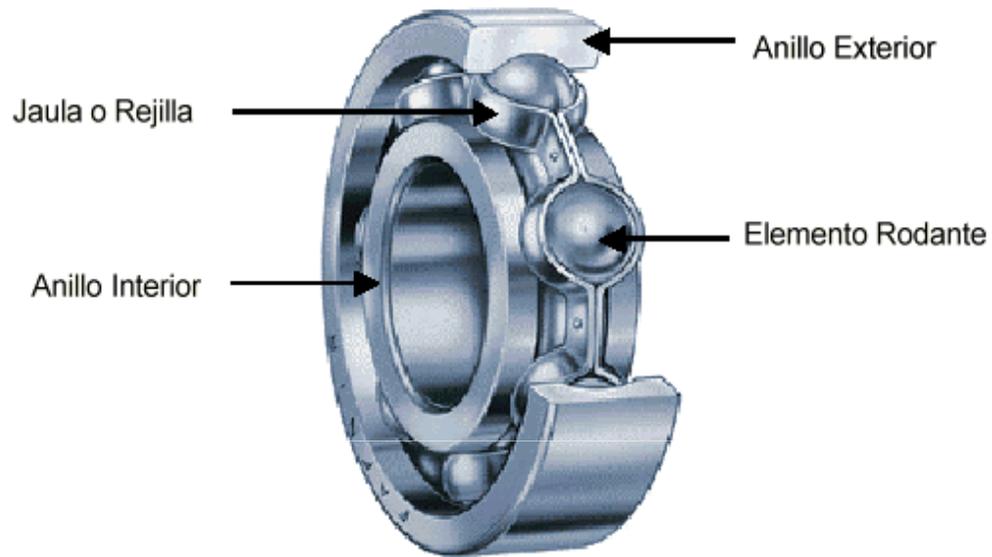


Rodamientos. Descripción

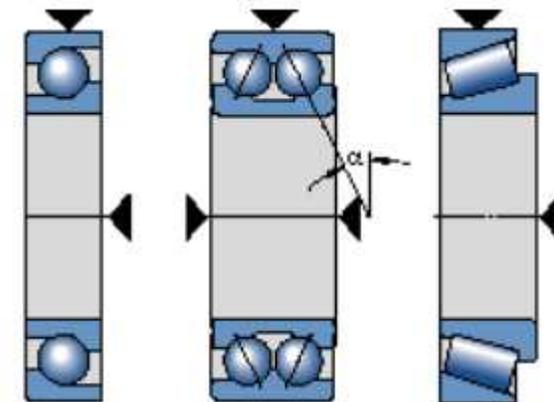
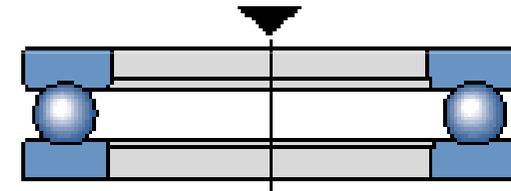
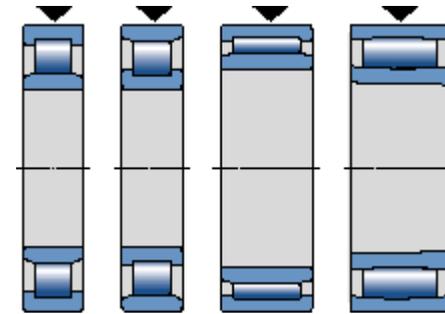
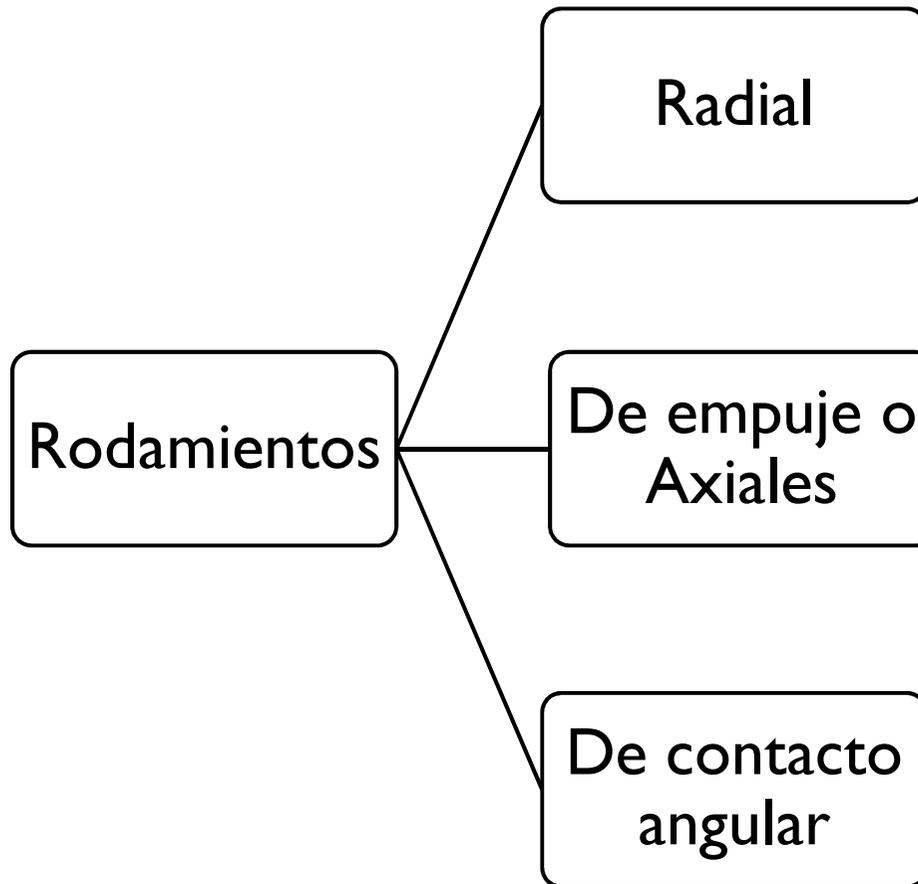
- ▶ La aparición de los automóviles, motores de alta velocidad y maquinaria de producción automática favorecieron la investigación y desarrollo intensivo de los rodamientos.
- ▶ Como resultado de ello, se han estandarizó las dimensiones de los rodamientos y las bases de su selección.
- ▶ Por ello es posible para el diseñador seleccionar un cojinete a partir del catálogo de un fabricante y reemplazarlo de modo satisfactorio por un rodamiento que tenga las mismas dimensiones pero que provenga de un fabricante diferente.



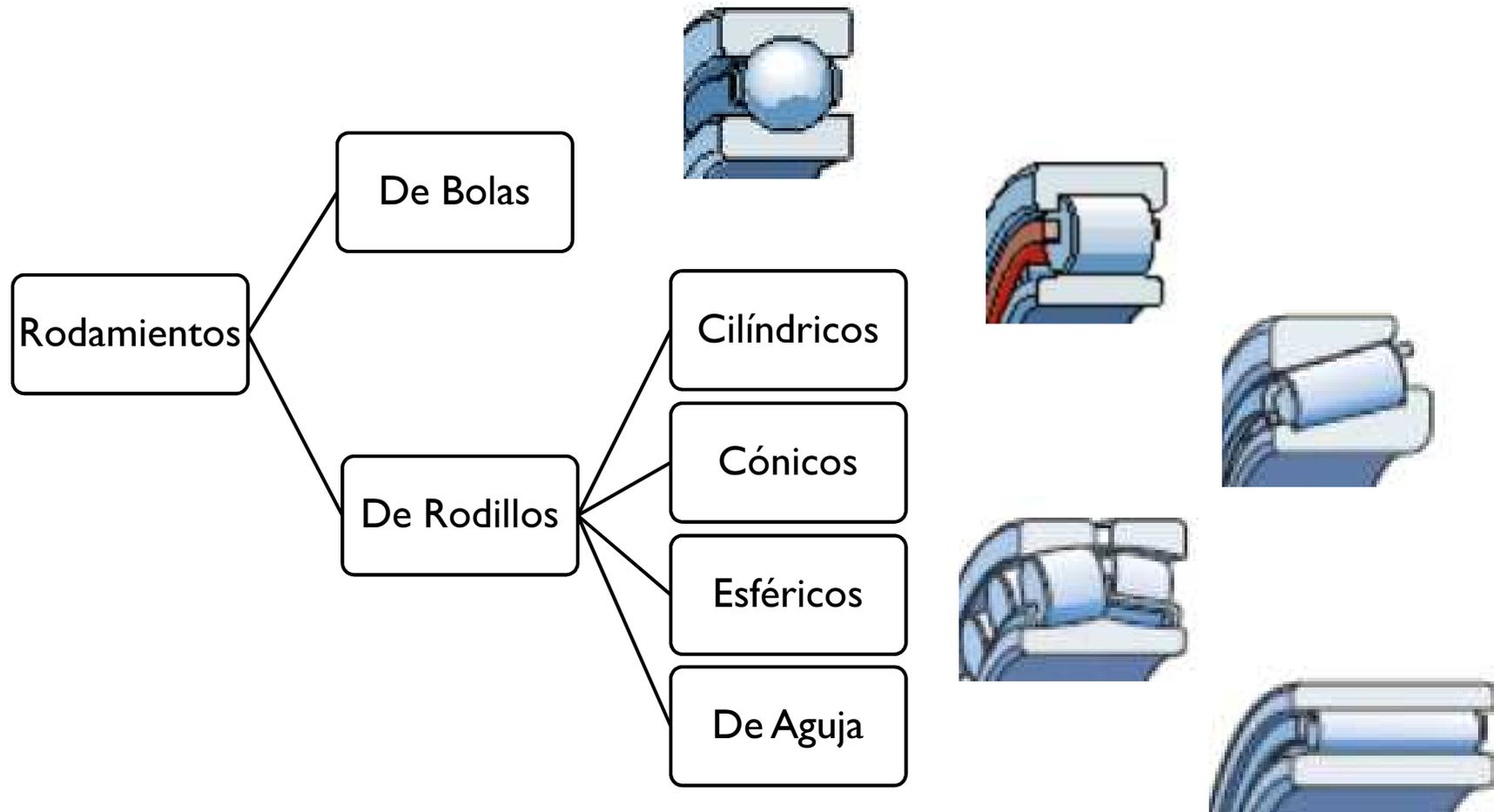
Rodamientos. Partes principales



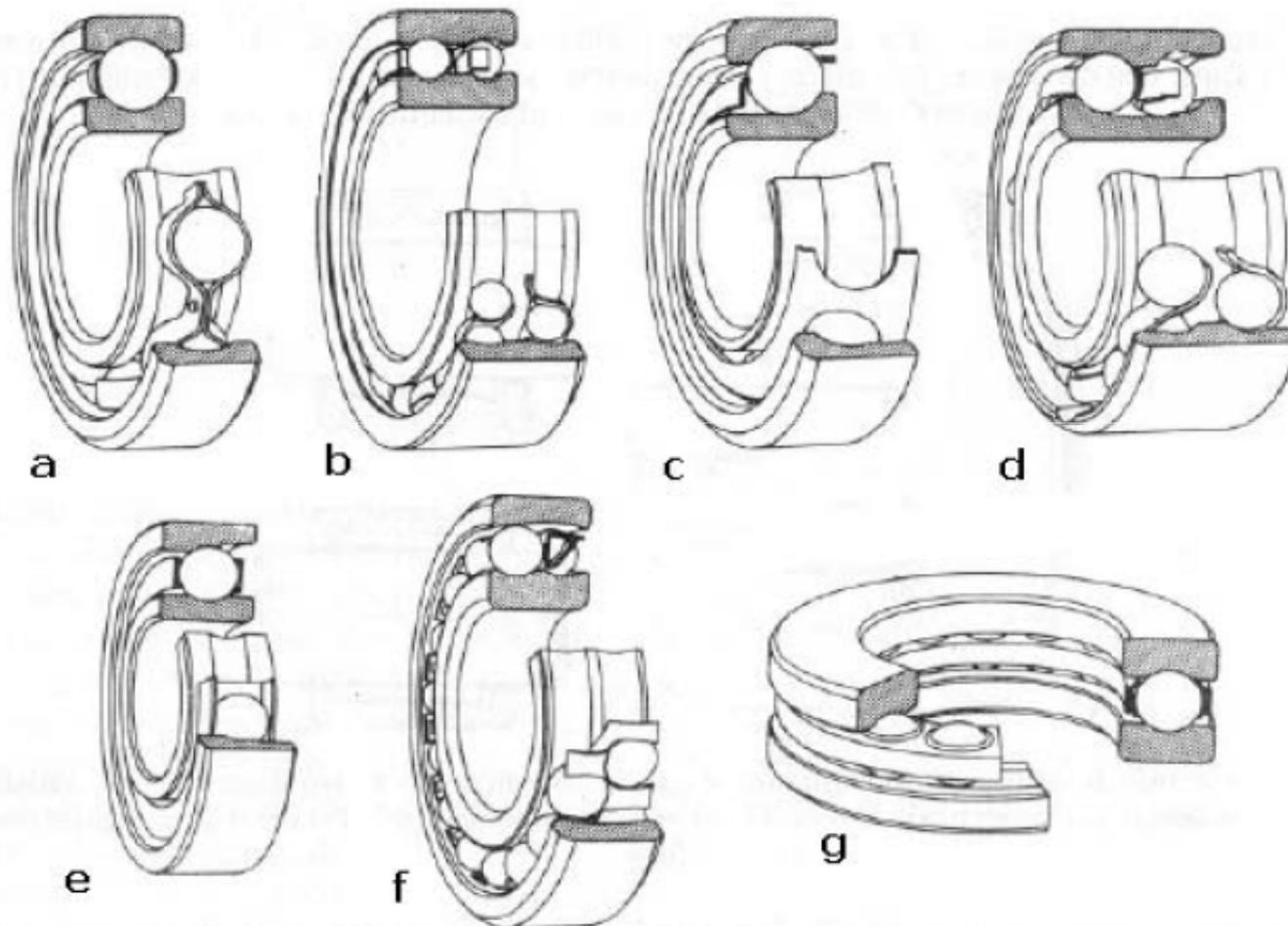
Rodamientos. Clasificación de acuerdo a la carga que soportan



Rodamientos. Clasificación acuerdo a la geometría de los elementos rodantes

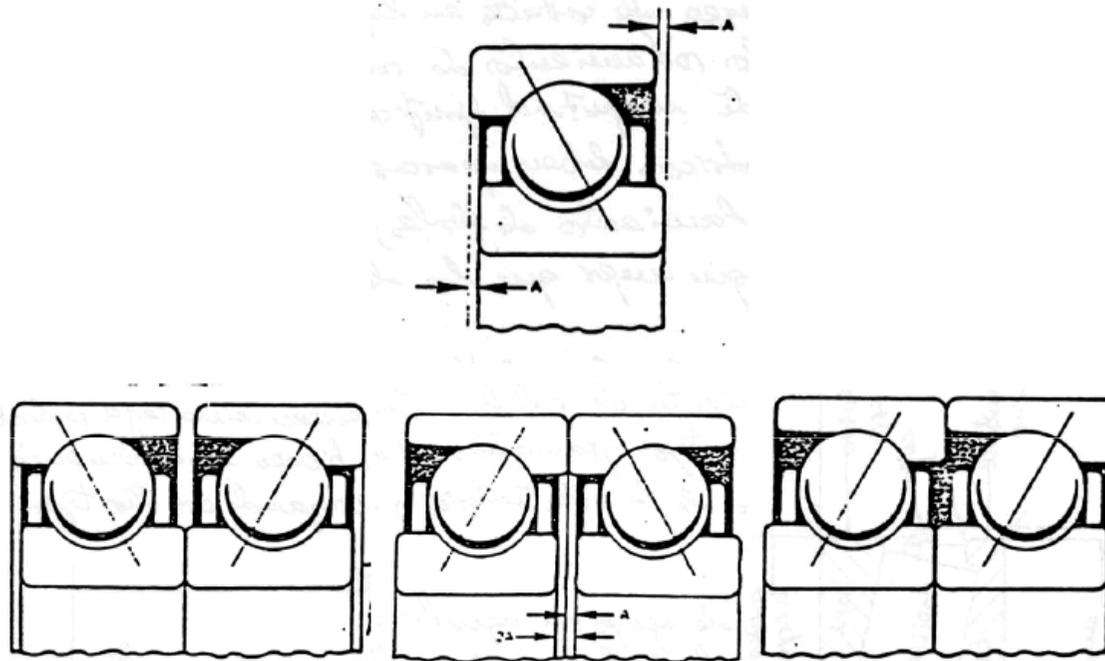


Rodamientos de bolas



- ▶ Rodamientos de bolas. (a) Rígido de una sola hilera (b) rígido de dos hileras (c) de contacto angular (d) de contacto angular de dos hileras (e) desmontable (f) oscilante (g) axial de simple efecto
-

Rodamientos de bolas de contacto angular



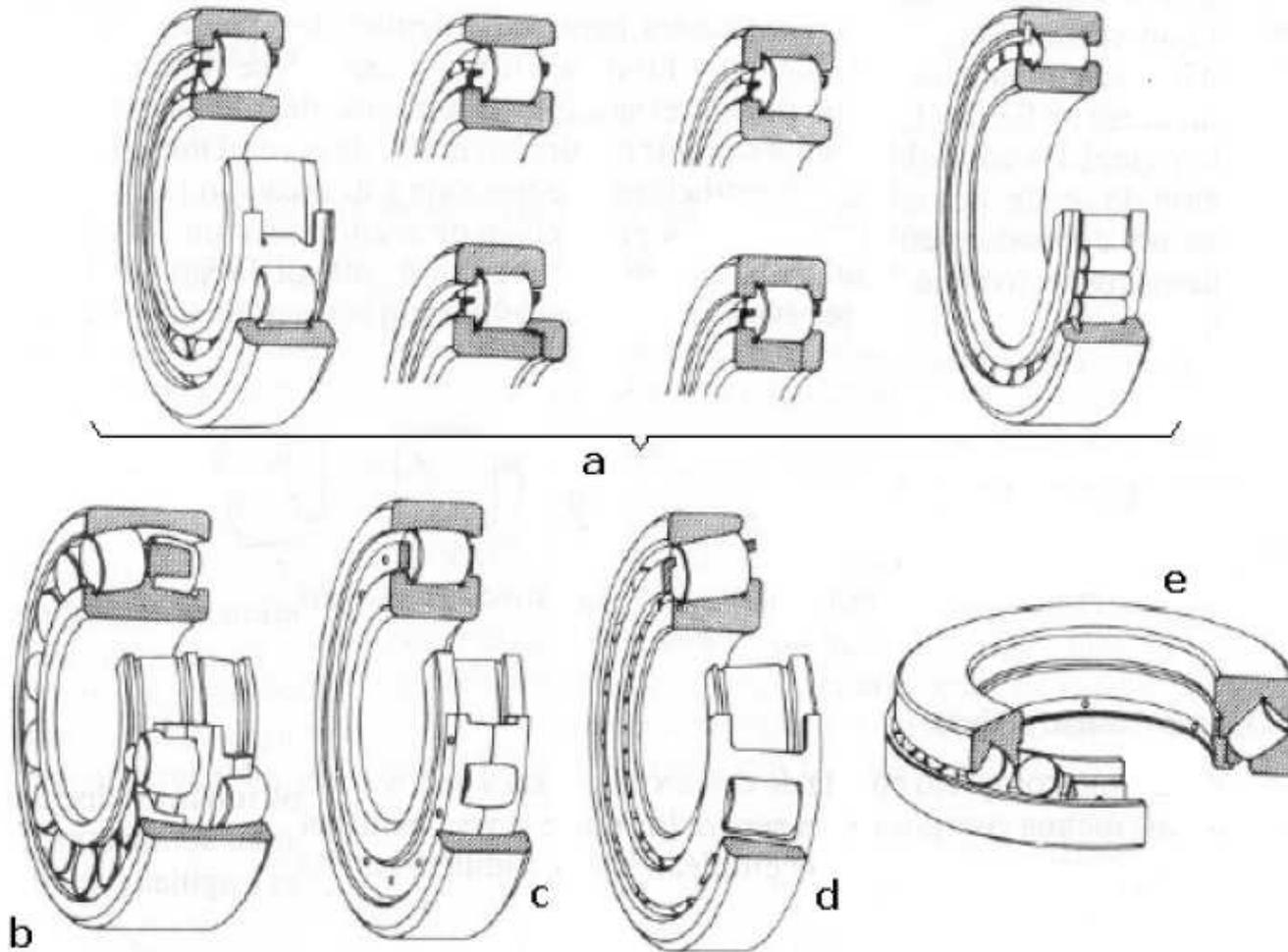
Montaje DF (frente a frente, directo): admite cargas radiales y de empuje de gran intensidad en ambas direcciones.

Montaje DB (dorso a dorso, indirecto): tiene la máxima rigidez de alineamiento y también es recomendable con cargas radiales y de empuje grandes, en cualquiera de las dos direcciones.

Montaje DT (tandem): se emplea cuando el empuje es siempre en la misma dirección. Puesto que los dos rodamientos tienen sus funciones de empuje paralelas en el mismo sentido, la precarga, si se requiere, debe lograrse de otra forma.

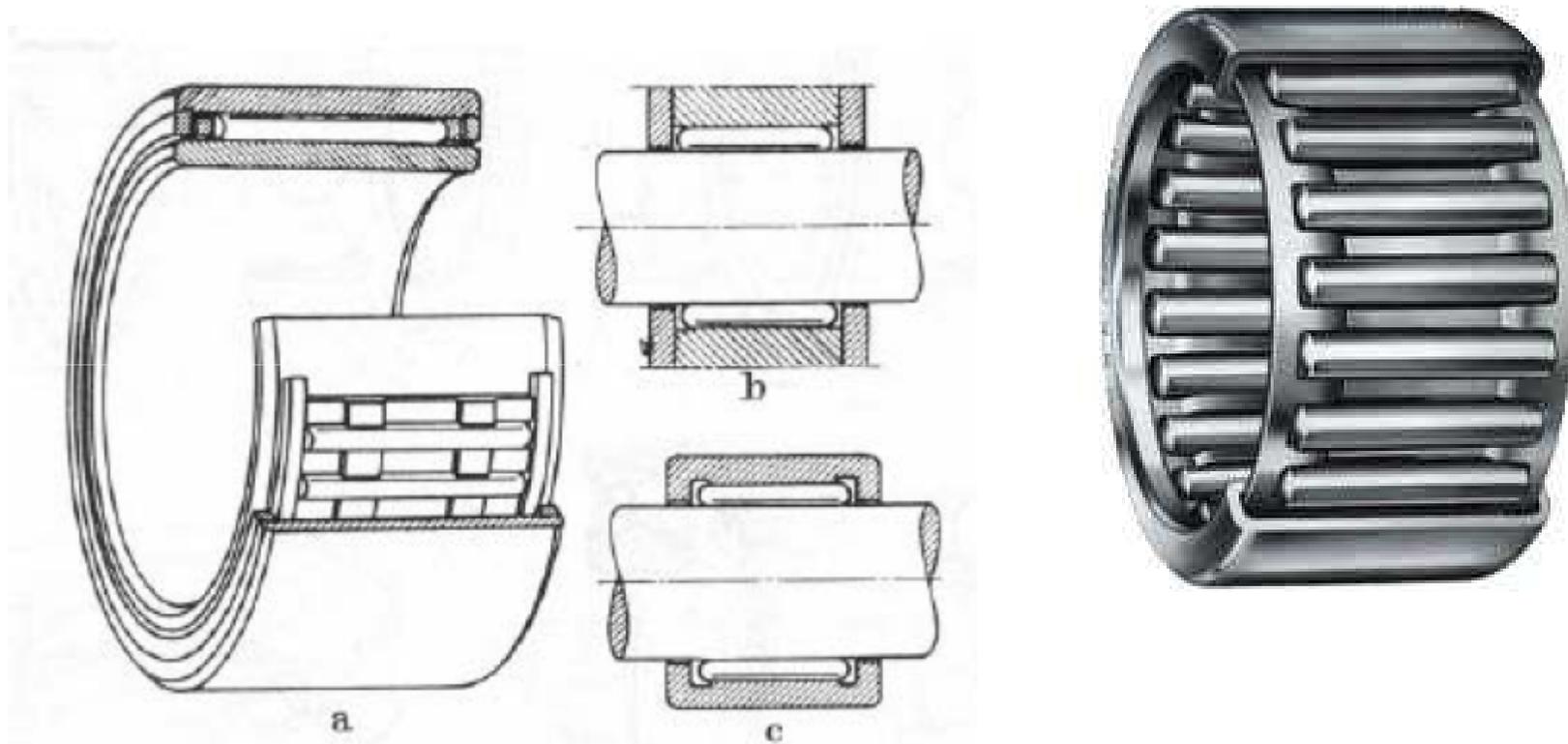


Rodamientos de rodillos



- ▶ Rodamientos de rodillos. (a) de una hilera bajo diversas formas constructivas (b) de dos hileras oscilante (c) oscilante de una hilera (d) cónico (e) axial oscilante.

Rodamientos de Agujas



Rodamientos de agujas. (a) esquema completo (b) apoyo directo en las agujas
(c) apoyo semidirecto de las agujas.



Rodamientos. Vida Útil

- ▶ Mediante experimentos se ha comprobado que dos rodamientos idénticos, probados bajo cargas radiales distintas F_1 y F_2 , presentan duraciones medidas en revoluciones L_1 y L_2 que siguen la relación:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^a$$

- ▶ donde el exponente a vale 3 para los rodamientos de bolas y 3,33 para los rodamientos de rodillos.
-
- 

Rodamientos. Vida Útil

Tradicionalmente, la vida L puede calcularse a partir de la ecuación anterior para rodamientos bajo carga radial o carga combinada. En este último caso es necesario calcular la carga dinámica radial equivalente P .

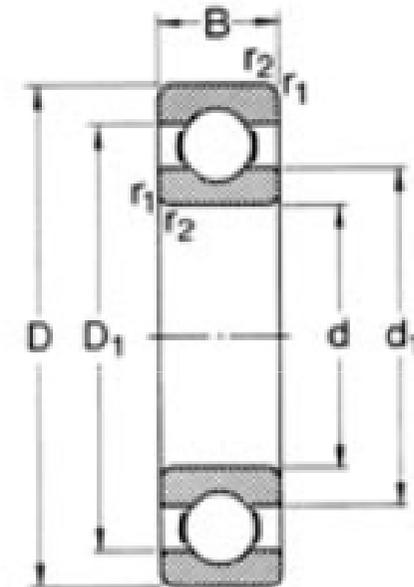
Para continuar con el análisis de la vida útil de un rodamiento, es necesario definir el parámetro “Capacidad básica de Carga (C)” como la carga radial constante que puede soportar un grupo de rodamientos idénticos hasta una duración nominal de un millón de revoluciones del anillo interior, suponiendo una carga estacionaria y el anillo exterior fijo.

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^a \cdot 1.10^6 \quad (\text{Revoluciones})$$



Rodamientos. Datos de Catálogos

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidad nominal	
d	D	B	dinám. C	estát. C_0		Lubricación con grasa	aceite
mm			N		N	r/min	
260	320	28	111 000	163 000	4 000	1 700	2 000
	360	46	212 000	270 000	6 550	1 600	1 900
	400	44	238 000	310 000	7 200	1 500	1 800
	400	65	291 000	375 000	8 800	1 500	1 800



Selección de Rodamientos

Una disposición de rodamientos no sólo consta de los rodamientos. Los componentes adyacentes a éstos como son el eje y el soporte, forman una parte integral de la disposición completa. La importancia del lubricante y las obturaciones no tiene límite. Para que un rodamiento funcione a pleno rendimiento, debe estar lubricado adecuadamente y protegido contra la corrosión y la entrada de contaminantes.

Para diseñar una disposición de rodamientos es necesario:

- Seleccionar un tipo de rodamiento adecuado
- Determinar un tamaño de rodamiento adecuado



Selección de Rodamientos

Otras consideraciones a tener en cuenta:

La carga estática no debe exceder la capacidad de carga estática del rodamiento.

La velocidad del eje no debe superar la velocidad máxima recomendada para el rodamiento.

Desalineamiento posibles, sellos y la lubricación.

También son fundamentales la atmosfera de trabajo y su temperatura.



Selección del tipo de rodamiento

- ▶ Cada tipo de rodamiento presenta propiedades características que dependen de su diseño y que lo hacen más o menos adecuado para una aplicación determinada.
- ▶ En muchos casos, sin embargo, se deben considerar diversos factores y contrastarlos entre sí a la hora de seleccionar un tipo de rodamiento, por tanto, no es posible dar unas reglas generales.
- ▶ Encontrará información adicional sobre los tipos de rodamientos estándar, sus características de diseño y su adecuación para una aplicación determinada en tablas.



Selección del tipo de rodamiento

La matriz no ofrece más que una orientación aproximada de modo que cada caso requiere una selección más calificada según la información dada en las páginas anteriores o la información más detallada de los textos que preceden a cada sección de tablas.

Símbolos

- +++ excelente
- ++ bueno
- + aceptable
- pobre
- inadecuado
- ← simple efecto
- ↔ doble efecto

Diseño

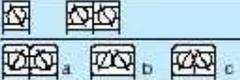
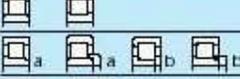
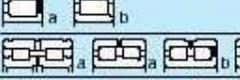
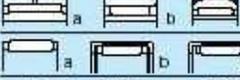
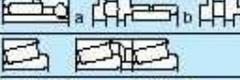
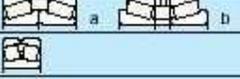
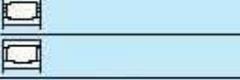
- 1 Agujero cónico
- 2 Placas de protección u obturación
- 3 Autoalineable
- 4 No desmontable
- 5 Desmontable

Características

Rodamiento adecuado para

- 6 Carga puramente radial
- 7 Carga puramente axial
- 8 Carga combinada
- 9 Momentos
- 10 Alta velocidad
- 11 Alta precisión de funcionamiento
- 12 Alta rigidez
- 13 Funcionamiento silencioso
- 14 Baja fricción
- 15 Compensación por desalineación en funcionamiento

- 16 Compensación por errores de alineación (inicial)
- 17 Disposiciones de rodamiento fijo
- 18 Disposiciones de rodamiento libre
- 19 Desplazamiento axial posible en el rodamiento

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Rodamientos rígidos de bolas	 a  b		a				+	↔	↔	-	+++	+++	+	+++	+++	-	-	↔	+	--
Rodamientos de bolas con contacto angular	 a  b  c		b		a, b	c	++	↔	↔	+	+	++	++	+	+	--	--	↔	+	--
	 a						-	↔	↔	+	++	+	+	+	+	--	--	↔	-	--
Rodamientos de bolas a rótula							+	-	-	--	+++	++	-	++	+++	+++	+++	↔	+	--
Rodamientos de rodillos cilíndricos	 a  a  b  b						++	↔	↔	--	++	++	++	++	++	-	-	--	+++	+++
	llenos de rodillos	 a  b			a	b	+++	-	↔	--	-	+	+++	-	-	-	-	-	↔	+
Rodamientos de agujas	 a  b  c		a	c			++	--	--	--	+	+	+++	+	-	--	--	--	+++	+++
	 a  b  c		b, c				++	--	--	--	+	+	++	+	-	--	--	--	+++	+++
	 a  b  c		b, c					+	↔	↔	-	+	+	++	+	-	--	--	↔	--
Rodamientos de rodillos cónicos	 a  b						++	↔	↔	-	+	+	++	+	+	-	-	↔	--	--
	 a						+++	↔	↔	+	+	+	+++	+	+	-	--	↔	-	--
Rodamientos de rodillos a rótula							+++	↔	↔	--	+	+	++	+	+	+++	+++	↔	+	--
Rodamientos CARB llenos de rodillos							+++	--	--	--	+	+	++	+	+	+++	+++	--	+++	+++
							+++	--	--	--	-	+	+++	+	+	+++	+++	--	+++	+++
Rodamientos axiales de bolas	 a  b						--	↔	↔	--	-	++	+	-	+	-	--	↔	--	--
	 a  b						--	↔	↔	--	-	+	+	-	+	-	++	↔	--	--
Rodamientos axiales de rodillos	a b - de agujas - cilíndricos						--	↔	↔	--	-	+	++	-	-	--	--	↔	--	--
Rodamientos axiales de rodillos a rótula							--	+++	+	--	-	+	++	-	+	+++	+++	+++	--	--

Selección del tamaño del rodamiento

- ▶ El tamaño del rodamiento para una aplicación se puede seleccionar inicialmente en base a su capacidad de carga, en relación a las cargas que tendrá que soportar, y según los requisitos de duración y fiabilidad.
- ▶ En las tablas de rodamientos se indican los valores para la capacidad de carga dinámica C y la capacidad de carga estática C_0 .
- ▶ Las condiciones de carga estática y dinámica del rodamiento se deben verificar independientemente.
- ▶ Se podrá seleccionar el rodamiento:
 - ▶ Utilizando las fórmulas de la vida.
 - ▶ Capacidad de carga estática.



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la formula de vida.

- ▶ Como se menciona anteriormente la vida del rodamiento estará dada por:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^a \cdot 1.10^6 \quad (\text{Revoluciones})$$

$$L_h = \frac{1.10^6}{60.n} \quad (\text{horas})$$

- ▶ C = capacidad de carga dinámica del rodamiento preseleccionado(kN)
- ▶ P = carga dinámica equivalente sobre el rodamiento (kN)
- ▶ n = velocidad de giro (rpm)
- ▶ a = exponente de la ecuación de la vida 3 para los rodamientos de bolas y 3,33 para los rodamientos de rodillos



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la formula de vida.

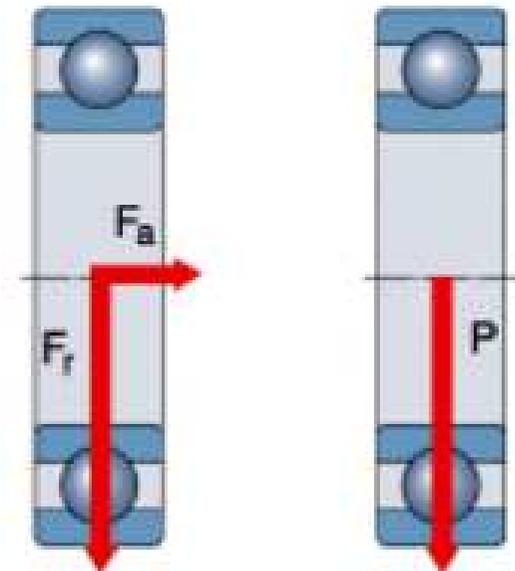
- ▶ Para determinar la carga dinámica equivalente P:
 - ▶ Si la carga F sobre el rodamiento es solamente radial y constante

$$P = F$$

- ▶ Para los demás casos:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

- ▶ F_r : carga radial real
- ▶ F_a : carga axial real
- ▶ X: Factor de carga radial
- ▶ Y: Factor de carga axial



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la formula de vida.

- ▶ Factor de carga radia y axial

Factores para el cálculo de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas			
Juego Normal			
F_a/C_0	e	X	Y
0,025	0,22	0,56	2
0,04	0,24	0,56	1,8
0,07	0,27	0,56	1,6
0,13	0,31	0,56	1,4
0,25	0,37	0,56	1,2
0,5	0,44	0,56	1



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la formula de vida.

- ▶ Al utilizarse las ecuaciones anteriores surge la pregunta de que vida L debe requerirse.
- ▶ Normalmente, esto depende del tipo de máquina y de los requisitos relacionados con la duración del servicio y la fiabilidad de funcionamiento. Si no se dispone de experiencia previa, se pueden utilizar los valores orientativos proporcionados en las tablas

TIPO DE APLICACIÓN	VIDA kh
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
Motores de avión	0.5–2
Máquinas para operación breve o intermitente, donde la interrupción del servicio es de poca importancia	4–8
Máquinas para servicio intermitente, donde la operación confiable es de gran importancia	8–14
Máquinas para servicio de 8 h que no siempre se utilizan plenamente	14–20
Máquinas para servicio de 8 h que se utilizan plenamente	20–30
Máquinas para servicio continuo las 24 h	50–60
Máquinas para servicio continuo las 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100–200



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la Capacidad de carga estática.

- ▶ El tamaño del rodamiento se deberá seleccionar en base a su capacidad de carga estática C_0 y no en base a la vida del rodamiento cuando se produzcan las siguientes condiciones:
 - ▶ El rodamiento es estacionario y está sometido a cargas continuas o intermitentes (de choque).
 - ▶ El rodamiento efectúa lentos movimientos de oscilación o alineación bajo carga.
 - ▶ El rodamiento gira bajo carga a velocidades muy bajas ($n < 10$ rpm)
 - ▶ El rodamiento gira y tiene que soportar elevadas cargas de choque, además de las cargas de funcionamiento normales.



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la Capacidad de carga estática.

- ▶ Se emplea un factor de seguridad s_0 que representa la relación entre la capacidad de carga estática C_0 y la carga estática equivalente P_0 para calcular la capacidad de carga estática requerida.

$$C_0 = s_0 \cdot P_0$$

- ▶ la carga estática equivalente P_0 se calcula de manera similar a la carga dinámica equivalente.
- ▶ El factor de seguridad se obtiene a partir de tablas.



Selección del tamaño del rodamiento utilizando la Capacidad de carga estática.

Tabla 10: Valores orientativos para el factor de seguridad estática s_0

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios						Rodamientos estacionarios	
	Requisitos relativos al funcionamiento silencioso							
	sin importancia		normales		alto			
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula se recomienda utilizar $s_0 \geq 4$, para los rodamientos de rodillos cónicos sin jaula (rodamientos de tornillos) $s_0 \geq 2,5$, y para los rodamientos de rodillos cónicos y cilíndricos con jaulas de acero con pasadores $s_0 \geq 2$

- 1) Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque, deberán utilizarse valores de s_0 por lo menos iguales a los mencionados más arriba. Si la magnitud de las cargas de choque se conoce con exactitud, se pueden aplicar valores de s_0 menores

Rodamientos. Lubricación

Los objetivos de un lubricante de rodamientos son:

- Formar una película de lubricante entre las superficies deslizante y rodante
- Ayudar a distribuir y disipar el calor
- Impedir la corrosión de las superficies del rodamiento
- Proteger las piezas contra partículas extrañas.

Como lubricantes pueden emplearse tanto grasa como lubricantes:



Rodamientos. Lubricación

Grasa

La temperatura sea inferior a 110°C

La velocidad es baja

Se requiere protección especial contra la entrada de partículas extrañas

Se desean alojamientos sencillos para rodamientos

Es necesario operar durante periodos largos sin mantenimiento

Aceite

La temperatura es elevada

La velocidad es alta

Se emplean fácilmente retenes de aceite

El tipo de rodamiento no es apropiado para la lubricación con grasa

El rodamiento se lubrica desde un sistema central que sirve también para otras piezas de máquinas

