



RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS

CAT. NO. B2001S



Publicación del Catálogo de Rodamientos

La sociedad de hoy, basada en la tecnología, con el fin de utilizar eficazmente los recursos limitados de la tierra y proteger el medio ambiente, debe esforzarse por desarrollar nuevas tecnologías y fuentes alternativas de energía, y, en ese sentido persigue nuevos objetivos en diversos campos.

Para alcanzar tales objetivos, se buscan rodamientos técnicamente avanzados y altamente funcionales mucho más compactos, un peso más ligero, una vida útil más larga y una menor fricción, así como una mayor fiabilidad durante el uso en entornos especiales.

Esta nueva edición del catálogo se basa en los resultados de amplios estudios técnicos y amplios esfuerzos de R&D y permitirá al lector, seleccionar el rodamiento óptimo para cada aplicación.

JTEKT confía en que usted encontrará útil este nuevo catálogo, en la selección y uso de rodamientos. JTEKT agradece a sus clientes y espera seguir sirviéndole en el futuro.

★ Los contenidos de este catálogo están sujetos a cambios, sin previo aviso. Se han realizado todos los esfuerzos posibles para asegurar que los datos aquí presentados sean correctos; Sin embargo, JTEKT no puede asumir responsabilidad por errores u omisiones.

La reproducción de este catálogo sin consentimiento, por escrito, está estrictamente prohibida

Contenidos

Sección técnica

1 Estructura y tipos de rodamientos

- 1-1 Estructura.....A 1
- 1-2 Tipos.....A 1

2 Esquema de selección del rodamiento...A 14

3 Selección del tipo de rodamiento.....A 16

4 Selección de la disposición de rodamientos.....A 20

5 Selección de las dimensiones de los rodamientos

- 5-1 Vida útil del rodamientoA 24
- 5-2 Cálculo de la vida útilA 24
- 5-3 Cálculo de cargasA 32
- 5-4 Carga dinámica equivalenteA 38
- 5-5 Capacidad de carga estática y la carga estática equivalenteA 42
- 5-6 Carga axial admisible para rodamientos de rodillos cilíndricos...A 44
- 5-7 Ejemplos de aplicación del cálculo..A 46

6 Series dimensionales y numeración de rodamientos

- 6-1 Series dimensionalesA 52
- 6-2 Dimensiones de las ranuras del anillo y localización del anillo elástico.....A 53
- 6-3 Numeración de los rodamientos.....A 54

7 Tolerancias de los rodamientos

- 7-1 Tolerancias y clases de tolerancias para los rodamientos.....A 58
- 7-2 Método de medición de la tolerancia...A 80

8 Límite de velocidad

- 8-1 Corrección del límite de velocidad...A 84
- 8-2 Límite de velocidad para los rodamientos de bolas sellados.....A 85
- 8-3 Consideraciones para alta velocidad.....A 85
- 8-4 Coeficiente de fricción (referencia)...A 85

9 Ajustes de los rodamientos

- 9-1 Propósito del ajuste.....A 86
- 9-2 Tolerancia y ajuste para eje y alojamiento.....A 86
- 9-3 Eje y alojamiento.....A 87
- 9-4 Ajustes recomendados.....A 90

10 Juego interno del rodamiento

- 10- Selección del juego interno.....A 99
- 10-2 Juego de funcionamiento.....A 100

11 Precarga

- 11-1 Propósito de la precarga.....A 112
- 11-2 Método de precarga.....A 112
- 11-3 Precarga y rigidezA 113
- 11-4 Cantidad de precarga.....A 114

12 Lubricación de rodamientos

- 12-1 Método y propósito de la lubricación.....A 117
- 12-2 Lubricantes.....A 124

13 Materiales de los rodamientos

- 13-1 Materiales para los aros y elementos rodantes de los rodamientos....A 128
- 13-2 Materiales utilizados para las jaulas..A 130

14 Diseño del eje y alojamiento

- 14-1 Precisión y rugosidad del eje y del alojamientoA 131
- 14-2 Dimensiones de montaje.....A 132
- 14-3 Diseño del ejeA 134
- 14-4 Dispositivo de selladoA 135

15 Manipulación de los rodamientos

- 15-1 Instrucciones generales.....A 139
- 15-2 Almacenamiento de los rodamientos..A 139
- 15-3 Montaje de rodamientos.....A 139
- 15-4 Prueba de arranque.....A 144
- 15-5 Desmontaje de rodamientos...A 146
- 15-6 Mantenimiento e inspección de los rodamientos.....A 148
- 15-7 Métodos de análisis de falla de los rodamientos.....A 149

16 Ejemplos de fallas de rodamientos...A 150

Tablas de especificaciones ContenidosB 2

[Rodamientos estándar]

- * Rodamiento rígido de bolas..... B 4
- * Rodamiento de bolas de contacto angular B 52
- * Rodamiento de bolas autoalineable B 122
- * Rodamiento de rodillo cilíndrico B 136
- * Rodamiento de rodillos cónicos B 182
- * Rodamiento de rodillos esféricos B 282
- * Rodamiento axial de bolas B 328
- * Rodamiento axial de rodillo esférico..... B 346
- * Rodamiento de agujas B 354
- * Chumaceras B 478

[Rodamientos especiales]

- * Serie - K- de rodamientos de bolas de sección super delgada.. C 1
- * Rodamientos para material rodante ferroviario..... C 21
- * Rodamientos de bolas lineales C 31
- * Tuercas de bloqueo, arandelas de seguridad y cerraduras C 45
- * Series de rodamientos cerámicos & EXSEV.... C 57
- * Rodamientos para husillos de máquinas-herramientas (Para soportar cargas axiales) C 59
- * Rodamientos de apoyo de tornillo de bola de precisión y unidades de rodamiento..... C 61
- * Rodamientos de rodillos cilíndricos del tipo completamente lleno para poleas de gruas C 63
- * Rodamientos del cuello del rodillo laminado C 65

[Introducción de productos, folletos y catálogos]

- * Introducción de panfletos y catálogos D 1
- * Introducción de productos de JTEKT..... D 9
- * Introducción de productos en Empresas del Grupo en Japón..... D 15

Tablas suplementarias

- 1 Series de dimensiones de los rodamientos radiales E 1
- 2 Serie de dimensiones de los rodamientos de rodillos cónicos E 5
- 3 Serie de dimensiones de los rodamientos axiales de simple efecto..... E 7
- 4 Serie de dimensiones de los rodamientos axiales de bolas de doble efecto..... E 9
- 5 Serie de dimensión de las ranuras del anillo elástico y localización de anillos elásticos E 11
- 6 Tolerancias del eje E 15
- 7 Tolerancias del diámetro del alojamiento..... E 17
- 8 Valores numéricos para el grado de tolerancia estándar IT E 19
- 9 Lista del alfabeto griego E 20
- 10 Prefijos utilizados con unidades SI..... E 20
- 11 Unidades SI y factores de conversión..... E 21
- 12 Conversión pulgada / milímetro..... E 25
- 13 Conversión de la dureza del acero E 26
- 14 Comparación de la rugosidad superficial E 27
- 15 Conversión de la viscosidad E 28

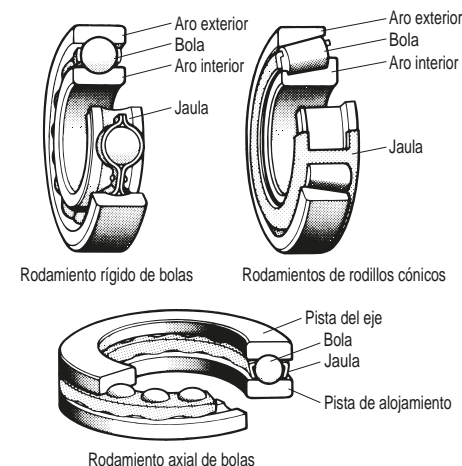
1. Estructuras y tipos de rodamientos

1-1 Estructura

Los rodamientos de elementos rodantes (rodamientos en adelante) normalmente comprenden aros del rodamiento, elementos rodantes y jaula. (Véase la Fig. 1-1)

Los elementos rodantes están dispuestos entre un aro interno y uno externo con una jaula, que retiene los elementos rodantes en una posición relativamente correcta, de modo que no se toquen entre sí. Con esta estructura, se realiza un movimiento de balanceo suave durante el funcionamiento.

Los rodamientos se clasifican por el número de hileras de elementos de la siguiente manera: rodamientos de una hilera, de dos hileras o de varias hileras (de tres o cuatro hileras).



Nota) En los rodamientos axiales el aro interno y externo también son llamados "pista del eje" y "pista de alojamiento", respectivamente. La pista indica la arandela especificada en JIS.

Fig. 1-1 Estructura de rodamiento

1) Aros de rodamiento

El camino de los elementos rodantes es llamado la pista de rodadura, y, la sección de los aros del rodamiento donde los elementos ruedan se denomina superficie de la pista. En el caso de los rodamientos de bolas, puesto que se proporcionan ranuras para las bolas, también se denominan ranuras de pistas de rodadura.

El aro interno está acoplado normalmente con un eje, y, el aro exterior con un alojamiento.

2) Elementos rodantes

Los elementos rodantes pueden ser bolas o rodillos. Existen muchos tipos de rodamientos con diversas formas de rodillos.

- Bola
 - Rodillo cilíndrico ($L_W \leq 3 D_W$)*
 - Rodillo cilíndrico largo ($3 D_W \leq L_W \leq 10 D_W$, $D_W > 6 \text{ mm}$)*
 - Aguja ($3 D_W \leq L_W \leq 10 D_W$, $D_W \leq 6 \text{ mm}$)*
 - Rodillo cónico (cónico trapezoidal)
 - Rodillo convexo (forma de barril)
- * $\left(\begin{array}{l} L_W : \text{Longitud del rodillo (mm)} \\ D_W : \text{Diámetro del rodillo (mm)} \end{array} \right)$

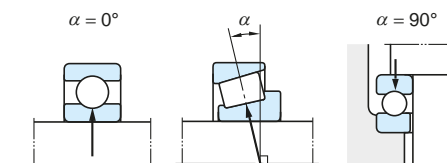
3) Jaula

La jaula guía los elementos rodantes a lo largo de los aros del rodamiento, reteniendo los elementos rodantes en una posición relativa correcta. Hay varios tipos de jaulas, incluyendo prensada, mecanizada y moldeada, y jaulas de tipo pin.

Debido a una menor resistencia a la fricción que la que se encuentra en los rodamientos completamente llenos de bolas y rodillos, los rodamientos con jaula son más adecuados para su uso bajo rotación a alta velocidad.

1-2 Tipos

El ángulo de contacto (α) es el ángulo formado por la dirección de la carga aplicada a los aros del rodamiento y a los elementos rodantes, y un plano perpendicular al centro del eje, cuando el rodamiento está cargado.



Los rodamientos están clasificados en dos tipos, de acuerdo con el ángulo de contacto (α).

- Rodamientos radiales ($0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$)
... diseñados para acomodar principalmente la carga radial
- Rodamientos axiales ($45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$)
... diseñados para acomodar principalmente la carga axial.

Los rodamientos están clasificados en la Fig. 1-2, y las características de cada tipo de rodamiento están descritas en las tablas 1-1 a 1-13.

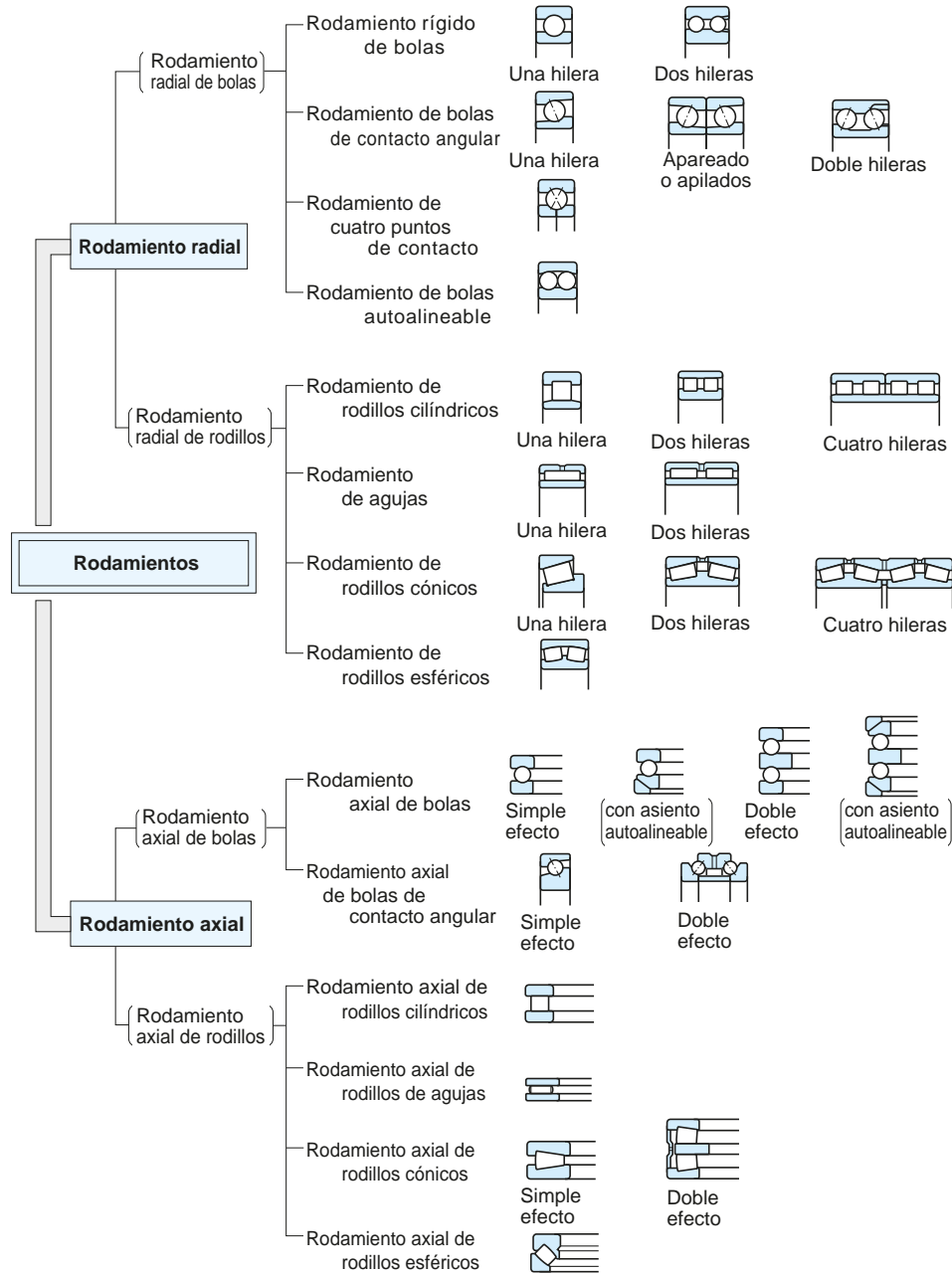


Fig. 1-2 (1) Rodamientos

Clasificación de los rodamientos por su uso

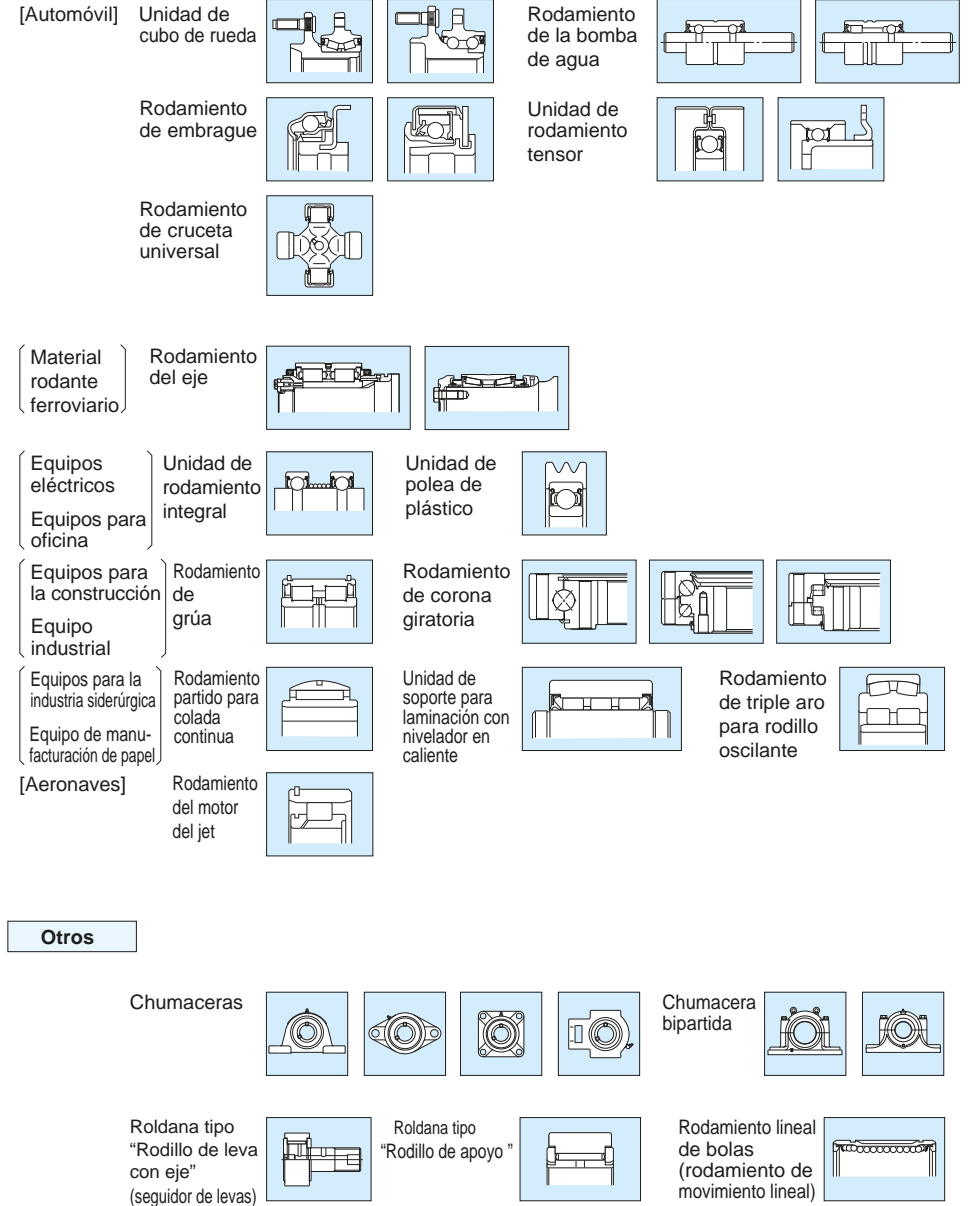


Fig. 1-2 (2) Rodamientos

Tabla 1-1 Rodamientos rígidos de bolas

Una hilera							Dos hileras
Tipo abierto	Tipo con tapa de protección	Tipo sellado de no contacto	Tipo sello de contacto	Tipo de sello de contacto extremadamente ligero	Con ranura y anillo elástico	Tipo brida	
680, 690,	ZZ	2RU	2RS, 2RK	2RD	NR	(Disponible para rodamientos extra pequeños o miniatura)	4200, 4300
6800, 6900, 16000, 6000, 6200, 6300, 6400							

■ Los tipos más populares entre rodamientos, ampliamente utilizados en una variedad de industrias.

■ La carga radial y la carga axial, en ambos sentidos, pueden ser acomodadas.

■ Disponible para operación a alta velocidad, con bajo ruido y baja vibración

■ Los rodamientos sellados que utilizan tapas de acero o sellos de goma se llenan con el volumen adecuado de grasa cuando se fabrican.

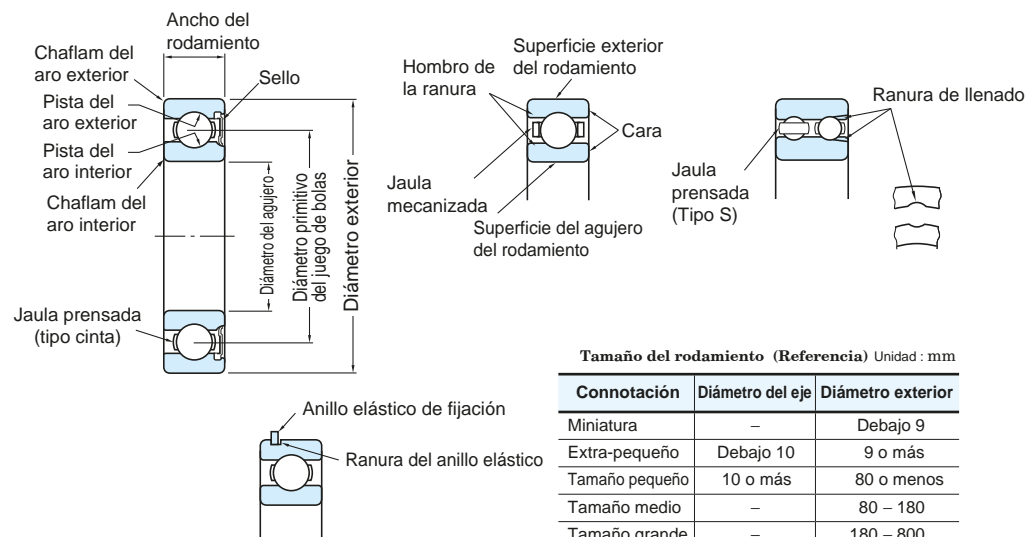
■ Los rodamientos con una brida o anillo elástico fijados en el aro exterior, se montan fácilmente en alojamientos para un posicionamiento sencillo de la ubicación del alojamiento.

[Jaulas recomendadas] Jaula de acero prensada (tipo de cinta ... Una hilera, tipo S ... Dos hileras)
jaula mecanizada de aleación de cobre o resina fenólica, jaula moldeada de resina sintética.

[Aplicaciones principales] Automóviles: ruedas delanteras y traseras, transmisiones, dispositivos eléctricos.

Equipo eléctrico: motores estándar, aparatos eléctricos para uso doméstico.

Otros: instrumentos de medición, motores de combustión interna, equipo de construcción
equipo ferroviario, equipo de transporte de carga, equipo agrícola
equipos para otros usos industriales.



Tamaño del rodamiento (Referencia) Unidad: mm

Connotación	Diámetro del eje	Diámetro exterior
Miniatura	-	Debajo 9
Extra-pequeño	Debajo 10	9 o más
Tamaño pequeño	10 o más	80 o menos
Tamaño medio	-	80 - 180
Tamaño grande	-	180 - 800
Tamaño extra grande	-	Sobre 800

Tabla 1-2 Rodamientos de contacto angular

Una hilera		Apareado			Dos hileras	
		Para uso a alta velocidad	Disposición espalda con espalda	Disposición cara a cara	Disposición en tandem	
(Con jaula prensada)	(Con jaula mecanizada)	HAR	DB	DF	DT	(Con ranura de llenado)
7000, 7200, 7300, 7400.....	7000B, 7200B, 7300B, 7400B.....	Ángulo de contacto 30°				3200, 5200
7900C, 7000C, 7200C, 7300C	HAR900C, HAR000C	40°				3300, 5300
		15°				Ángulo de contacto 32°

■ Los aros y bolas del rodamiento poseen su propio ángulo de contacto que es normalmente 15°, 30° o 40°.

(Mayor ángulo de contacto Mayor resistencia a la carga axial
Menor ángulo de contacto Más ventajoso para la rotación de alta velocidad)

■ Los rodamientos de una hilera puede acomodar la carga radial y la carga axial en una dirección.

■ Los rodamientos apareados DB y DF y los rodamientos de dos hileras pueden acomodar carga radial y carga axial en ambas direcciones.

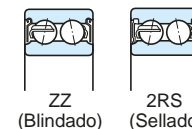
■ Los rodamientos apareados DT se utilizan para aplicaciones en las que la carga axial en una dirección es demasiado grande para que un rodamiento lo acepte.

■ Los rodamientos de alta velocidad tipo HAR fueron diseñados para contener más bolas que los rodamientos estándar minimizando el diámetro de la bola, para ofrecer un rendimiento mejorado en las máquinas herramienta.

■ Los rodamientos de bolas de contacto angular se utilizan para alta precisión y funcionamiento a alta velocidad.

■ La carga axial en ambas direcciones y la carga radial se pueden acomodar cambiando a una estructura que reúna a dos rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera espalda con espalda.

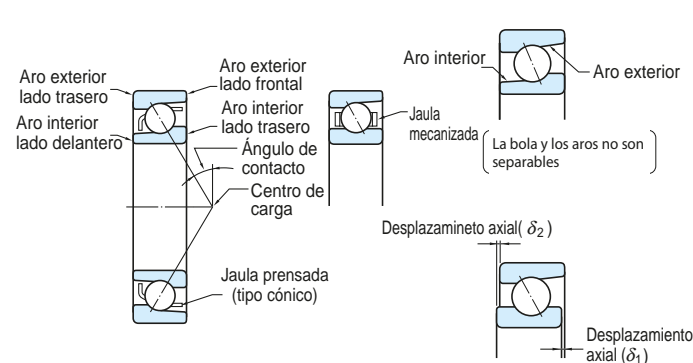
■ Para rodamientos sin ranura de llenado, el tipo sellado está disponible.



[Jaulas recomendadas] Jaula de acero prensada (tipo cónico ... una hilera: Tipo S ... dos hileras),
jaula mecanizada de aleación de cobre o resina fenólica, jaula moldeada de resina sintética

[Aplicaciones principales] Una hilera: Husillos de máquinas-herramienta, motores de alta frecuencia, turbinas de gas, separadores centrífugos, ruedas delanteras de automóviles de pequeño tamaño, ejes de piñón diferencial.

Dos hileras: Bombas hidráulicas, ventilador, compresores de aire, transmisiones, bombas de inyección de combustible, equipos de impresión.



Ángulos de contacto (Referencia)

Ángulo de contacto	Código suplementario
15°	C
20°	CA
25°	AC
30°	A (Omitido)
35°	E
40°	B

Los rodamientos tipo "G" están procesados (con un rectificado) de modo que el desplazamiento axial resulta ser $\delta_1 = \delta_2$.
El apareado DB, DF y DT, o pila están disponibles.

Tabla 1-3 Rodamientos de bolas de 4 puntos de contacto

Tipo de una sola pieza	Aro interior de dos piezas	Aro exterior de dos piezas
—	6200BI 6300BI	(6200BO) (6300BO)

- La carga radial y la carga axial pueden ser acomodadas en ambos sentidos.
- Un rodamiento de bolas de cuatro puntos de contacto puede sustituir a una disposición cara a cara o espalda con espalda de rodamientos de bolas de contacto angular.
- Conveniente para el uso bajo carga axial pura o carga radial y axial combinada con la carga axial pesada.
- Este tipo de rodamiento posee un ángulo de contacto (α) determinado de acuerdo con la dirección de carga axial. Esto significa que el anillo del rodamiento y las bolas se contactan entre sí en dos puntos de las líneas que forman el ángulo de contacto.

[Jaulas recomendadas] Jaula mecanizada de aleación de cobre

[Aplicaciones principales]

Motocicleta : transmisión, eje de transmisión lado del piñón
Automóvil : dirección, transmisión

Tabla 1-4 Rodamientos de bolas autoalineables

Agujero cilíndrico	Agujero cónico	Sellado
120, 130 1200, 1300 2200, 2300	K (Taper 1 : 12) 11200, 11300 (Tipo de aro interior extendido) 2200 2RS 2300 2RS	

- El camino de rodadura del aro exterior esférico permite la autoalineación, acomodando la deflexión del eje o del alojamiento y las condiciones de montaje desalineadas.
- El diseño del agujero cónico puede montarse fácilmente mediante un adaptador.

Jaula de acero prensado (Tipo escalonado... 12, 13, 22...2RS, 23...2RS)
(Tipo de presión... 22, 23)

Eje de transmisión de máquinas para madera, máquinas de hilado y chumaceras bipartidas.

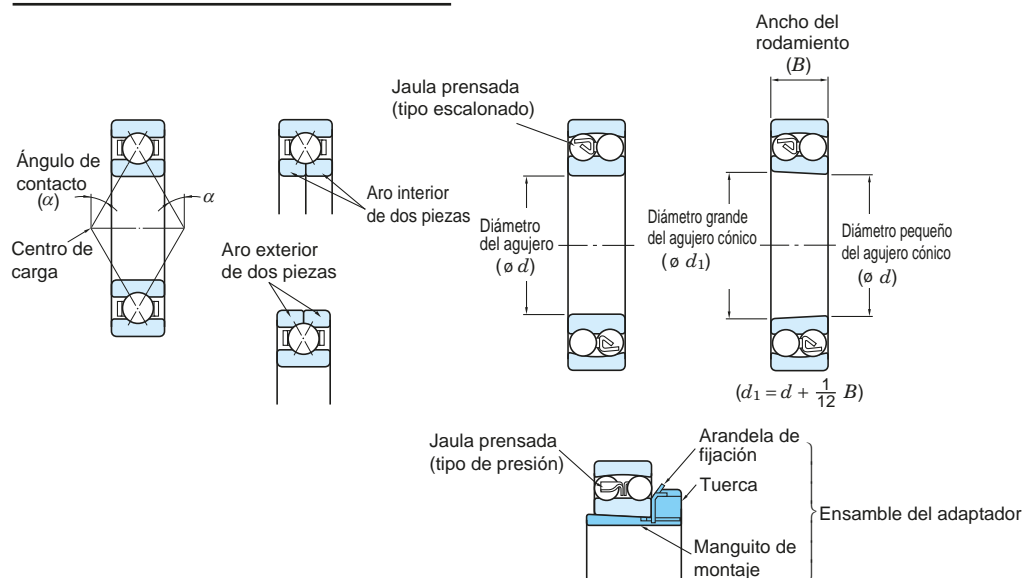


Tabla 1-5 Rodamientos de rodillos cilíndricos

Una hilera						Dos hileras		Cuatro hileras
NU	NJ	NUP	N	NF	NH	NN	NNU	(Utilizada principalmente en cuellos de rodillos de laminación)
NU1000, NU200 (R), NU2200 (R), NU3200, NU3300						Agujero cilíndrico NN4900, NN3000		Agujero cónico NNU4900K, NN3000K
								(FC) , (4CR)

- Dado que el diseño que permite el contacto lineal de los rodillos cilíndricos con la pista ofrece una fuerte resistencia a la carga radial, este tipo es adecuado para su uso bajo carga radial pesada y carga de impacto, así como a alta velocidad.
- Los tipos N y NU son ideales para el uso en el lado libre: Son móviles en la dirección del eje en respuesta a cambios en la posición del rodamiento con respecto al eje o al alojamiento, que son causados por la expansión térmica del eje o por un montaje incorrecto.

- Los tipos NJ y NF pueden acomodar carga axial en una dirección; y los tipos NH y NUP pueden acomodar parcialmente carga axial en ambas direcciones.
- Con un aro interior y otro exterior separable, este tipo garantiza un fácil montaje.
- Debido a su alta rigidez, los tipos NNU y NN son ampliamente utilizados en husillos de máquinas - herramientas.

[Jaulas recomendadas] Jaula de acero prensada (tipo Z), jaula mecanizada de aleación de cobre, jaula de tipo pasador, jaula moldeada de resina sintética.

[Aplicaciones principales] Motores grandes y medianos, motores de tracción, generadores, motores de combustión interna, turbinas de gas, husillos de máquinas herramientas, reductores de velocidad, equipos de transporte de carga y otros equipos industriales.

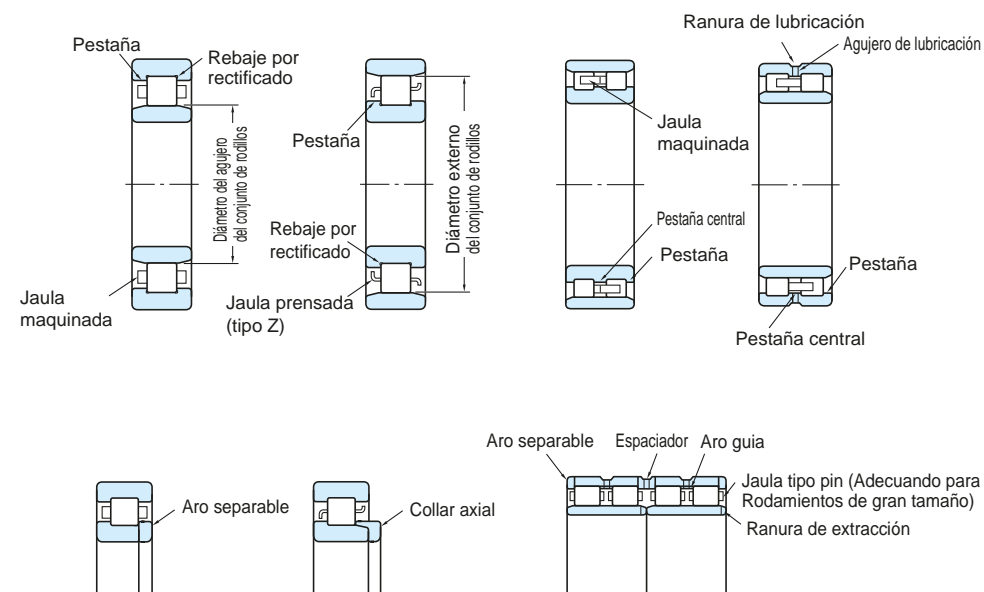
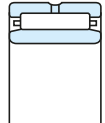
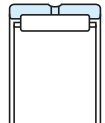
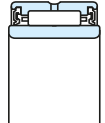
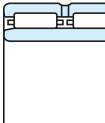
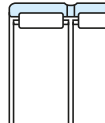


Tabla 1-6 Rodamientos de agujas de pistas maquinadas

Una hilera			Doble hilera	
				
Con aro interno	Sin aro interno	Sellado	Con aro interno	Sin aro interno
NA4800 NA4900 NA6900 (NKJ, NKJS)	RNA4800 RNA4900 RNA6900 (NK, NKS, HJ)	NA49002RS - (HJ.2RS)	NA6900 (d ≥ 32)	RNA6900 (Fw ≥ 40)

■ A pesar de su estructura básica, que es la misma que la de los rodamientos de rodillos cilíndricos tipo NU, los rodamientos con secciones radiales mínimas ofrecen ahorro de espacio y una mayor resistencia a la carga radial, utilizando agujas.

■ Los rodamientos sin aros interiores funcionan utilizando ejes rectificadas y tratados térmicamente como superficie de pista de rodadura

[Jaulas recomendadas] Jaula de acero prensada.

[Aplicaciones principales] Motores de automóviles, transmisiones, bombas, tambores de rueda de escavadores de pala, montacargas, grúas, compresores.

(Referencia) Hay disponibles muchos rodamientos de agujas diferentes a los de con anillo mecanizado. Para obtener más información, consulte las páginas de las tablas de especificaciones de rodamientos de agujas y el catálogo dedicado a "rodamientos de agujas" (CAT No. B2018E), publicado por separado.

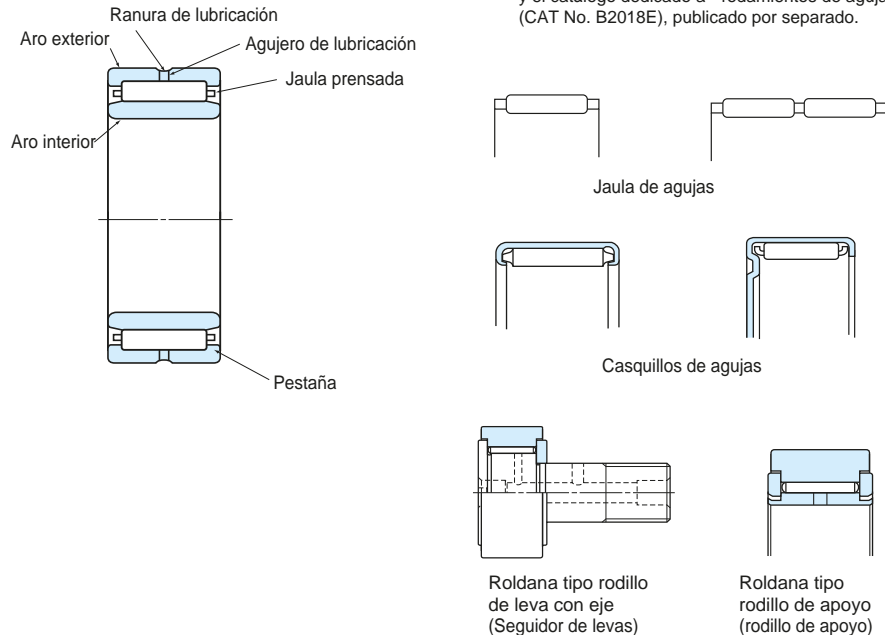


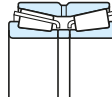

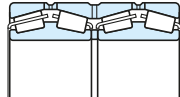


Tabla 1-7 Rodamientos de rodillos cónicos

Una hilera				Doble hilera		Cuatro hileras
		Tipo brida				
(Ángulo de contacto estándar)	(Ángulo de contacto intermedio)	(Ángulo de contacto empinado)				Utilizada principalmente en cuellos de rodillos de laminación
32900JR	30200JR	30200CR	30300DJ	46200	45200	37200
32000JR	32200JR	32200CR	30300DJR	46200A	45300	47200
33000JR	33200JR	30300CR	31300JR	46300	(45T)	47300
33100JR	30300JR	32300CR		46300A	(46T)	(47T)
	32300JR					(4TR)

■ Los rodillos cónicos ensamblados en los rodamientos son guiados por el reborde de la cara posterior del anillo interior.

■ Las superficies de pista del anillo interior y el anillo exterior y la superficie de contacto de rodadura de los rodillos están diseñados de manera tal que los respectivos vértices converjan en un punto en la línea central del rodamiento.

■ Los rodamientos de una fila pueden acomodar carga radial y carga axial en una dirección, y los rodamientos de doble fila pueden acomodar cargas radiales y cargas axiales en ambos sentidos.

■ Este tipo de rodamiento es adecuado para su uso bajo carga pesada o carga de impacto.

■ Los rodamientos se clasifican en tipos estándar, intermedios y empinados, de acuerdo con su ángulo de contacto (α). Cuanto mayor sea el ángulo de contacto, mayor será la resistencia del rodamiento a la carga axial.

■ Dado que el anillo exterior y el conjunto del anillo interior pueden separarse entre sí, el montaje es fácil.

■ Los rodamientos designados con el sufijo "J" y "JR" son intercambiables a nivel internacional.

■ Los artículos de tamaño en pulgadas siguen siendo ampliamente utilizados.

[Jaulas recomendadas] Jaula de acero prensado, jaula moldeada de resina sintética, jaula de tipo pasador.

[Aplicaciones principales] Automóvil : ruedas delanteras y traseras, transmisiones, piñón del diferencial
Otros : husillos de máquinas-herramienta, equipos de construcción, equipos agrícolas de gran tamaño, reductores de velocidad de engranajes del material rodante ferroviario, cuellos de rodillos de laminación y reductores de velocidad, etc.

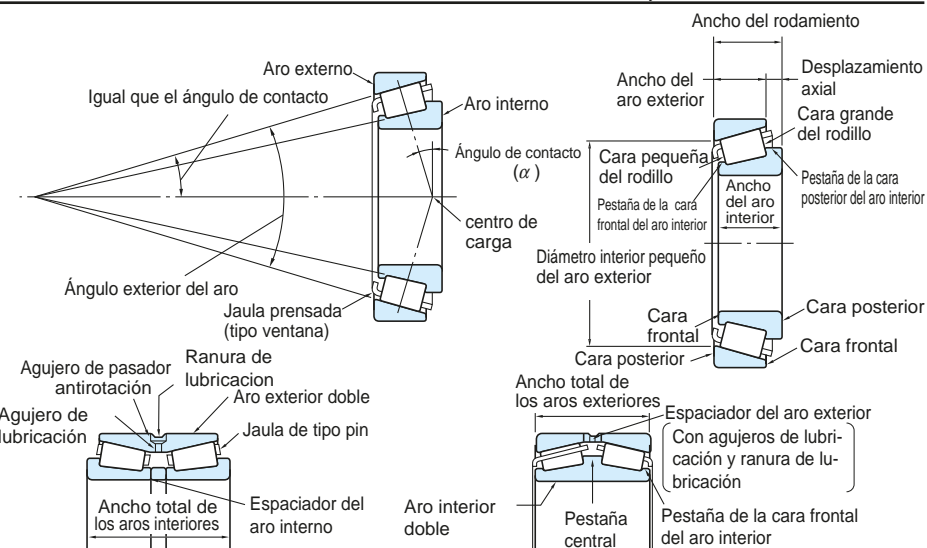
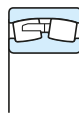

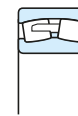



Tabla 1-8 Rodamientos de rodillos esféricos

Agujero cilíndrico			Agujero cónico
Tipo de rodillo asimétrico convexo	Tipo de rodillo simétrico convexo		
			
R, RR	RH, RHR	RHA	K or K30
23900R, 23000R (RH, RHA), 23100R (RH, RHA), 22200R (RH, RHA), 21300R (RH), 24000R (RH, RHA), 24100R (RH, RHA), 23200R (RH, RHA), 22300R (RH, RHA)			

■ Los rodamientos de rodillos esféricos que comprenden rodillos convexos en forma de barril, aro interior de doble hilera y aro exterior se clasifican en tres tipos: R (RR), RH (RHR) y RHA, según su estructura interna.

■ Con el rodamiento diseñado de manera que el centro del círculo del arco de la pista de rodadura del aro exterior, el rodamiento es autoalineable, insensible a los errores de alineación del eje con relación al alojamiento y al doblado del eje.

■ Este tipo puede acomodar carga radial y carga axial en ambas direcciones, lo que lo hace especialmente adecuado para aplicaciones en las que se aplica carga pesada o carga de impacto.

■ El tipo de agujero cónico puede ser fácilmente montado/desmontado utilizando un adaptador o un manguito de desmontaje.

Hay dos tipos de agujeros cónicos (Relación de conicidad):

- 1 : 30 (código suplementario K30) ... disponibles para las series 240 y 241
- 1 : 12 (código suplementario K30) ... disponibles para las series 240 y 241

■ Los agujeros de lubricación, la ranura de lubricación y el agujero de pasador anti rotación pueden estar previstos en el aro exterior. Los agujeros de lubricación y la ranura de lubricación también pueden estar previstos en el aro interno.

[Jaulas recomendadas] Jaula de aleación de cobre mecanizado, jaula de acero prensada, jaula de tipo pin

[Aplicaciones principales] Equipos de fabricación de papel, reductores de velocidad, rodamientos de ejes de material rodante ferroviario, soportes de piñones para laminadores, rodillos de mesa, trituradoras, tamices vibradores, equipos de impresión, equipos para trabajar la madera, reductores de velocidad para usos industriales diversos

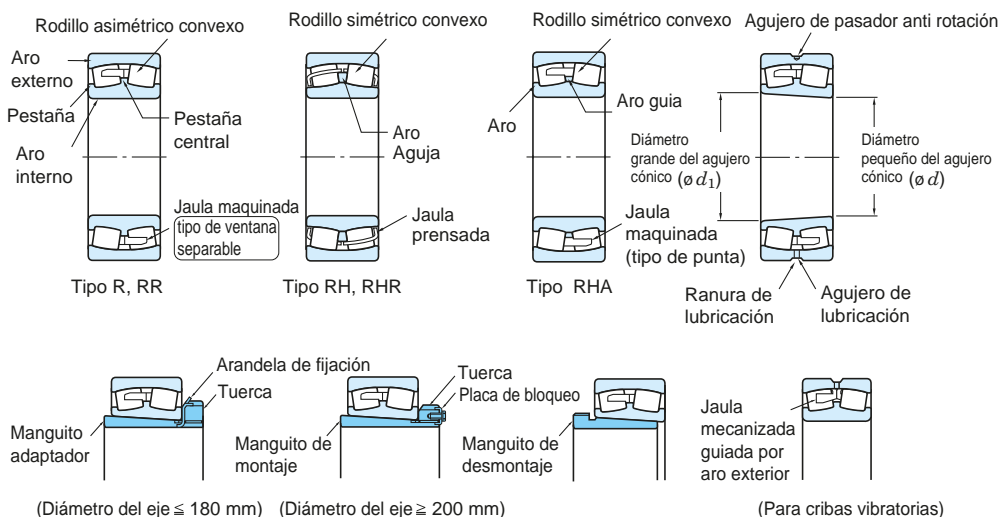
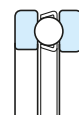
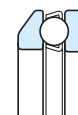
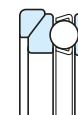
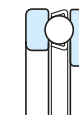
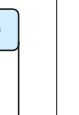
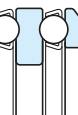


Tabla 1-9 Rodamientos axiales de bolas

Simple efecto			Doble efecto		
Con caras planas	Con caras esféricas	Con contra placa auto alineables	Con caras planas	Con caras esféricas	Con contra placa auto alineables
					
51100	53200	53200U	52200	54200	54200U
51200	53300	53300U	52300	54300	54300U
51300	53400	53400U	52400	54400	54400U

■ Este tipo de rodamientos comprende anillos en forma de arandela con ranura de pista y ensamble de bolas y jaula.

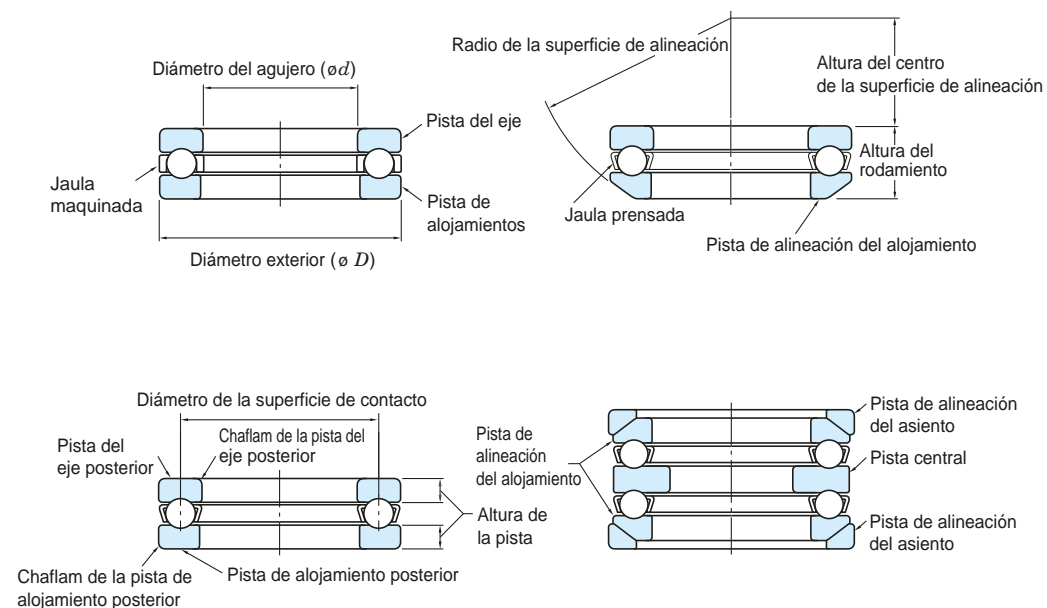
■ Las pistas que se montan en ejes se denominan pistas del eje (o aros interiores); Y, las pistas que se montan en el alojamiento son pistas del alojamiento (o aros exteriores). Las pistas centrales de los rodamientos de doble efecto están montadas sobre los ejes.

■ Los rodamientos de simple efecto soportan la carga axial en una dirección, y los rodamientos de doble efecto soportan la carga axial en ambas direcciones. (Estos rodamientos no pueden soportar cargas radiales).

■ Ya que los rodamientos con cara esférica son autoalineables, esto ayuda a compensar los errores de montaje.

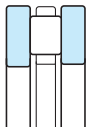
[Jaulas recomendadas] Jaula de acero prensada, aleación de cobre o resina fenólica jaula mecanizada, Jaula moldeada con resina sintética

[Aplicaciones principales] Suspensión del automóvil, husillos de máquinas-herramienta



[Observación] La pista indica la arandela especificada en JIS.

Tabla 1-10 Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos

Simple efecto

(811, 812, NTHA)

- Este tipo de rodamiento comprende aros en forma de arandela (eje y alojamiento) y conjunto de rodillos cilíndricos y jaula de ensamble. El perfil cilíndrico de los rodillos producen una distribución de presión uniforme en la superficie de contacto del rodillo / pista.
- La carga axial puede ser acomodada en una dirección.
- Se proporciona gran resistencia a la carga axial y alta rigidez axial.

[Jaulas recomendadas] Jaula mecanizada de aleación de cobre

[Aplicaciones principales] Excavadoras, equipos para siderúrgica

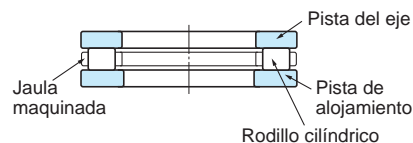
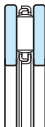
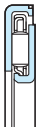


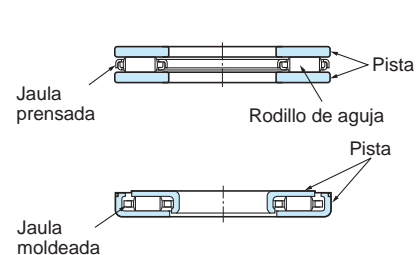
Tabla 1-11 Rodamientos axiales de rodillos de agujas

Separable	No separable
	
(AXK, FNT, NTA)	(FNTKF)

- El tipo separable, que comprende los rodillos de agujas y el ensamble axial de la jaula y una pista, puede ser combinado con una pista delgada prensada (AS) o una pista gruesa mecanizada (LS, WS.811, GS.811).
- El tipo no separable comprende los rodillos de agujas y el ensamble axial de la jaula y una pista prensada de precisión.
- La carga axial puede ser acomodada en una dirección.
- Debido al espacio pequeño requerido de instalación, este tipo contribuye en gran medida a la reducción de tamaño de la aplicación en el equipo.
- En muchos casos, los rodillos de agujas y el ensamble axial de la jaula funcionan utilizando la superficie de montaje del equipo de aplicación, incluidos los ejes y alojamientos, como su superficie de pista de rodadura.


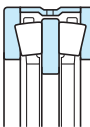
Jaula de acero prensado, jaula moldeada de resina sintética

Transmisiones para automóviles, cultivadores y máquinas herramientas



[Observación] La pista indica la arandela axial o arandela especificada en JIS.

Tabla 1-12 Rodamientos axiales de rodillos cónicos

Simple efecto	Doble efecto
	
(T) (THR)	(2THR)

- Este tipo de rodamiento comprende rodillos cónicos (con extremo grande esférico), que están guiados uniformemente por las pestañas de las pistas del eje y del alojamiento.
- Tanto la pista del eje como la pista de alojamiento y los rodillos tienen superficies cónicas cuyos vértices convergen en un punto del eje del rodamiento.
- Los rodamientos de simple efecto pueden acomodar cargas axiales en una dirección y los rodamientos de doble efecto pueden acomodar cargas axiales en ambos sentidos.
- Los rodamientos de doble dirección deben montarse de modo que su pista central se coloque sobre el hombro del eje. Dado que este tipo se trata con un ajuste de holgura, la pista central debe fijarse con un manguito, etc.

[Jaulas recomendadas] Jaula mecanizada de aleación de cobre

[Aplicaciones principales]

Simple efecto: ganchos de grúa, excavadora de giro

Doble efecto: cuellos de rodillo de laminación

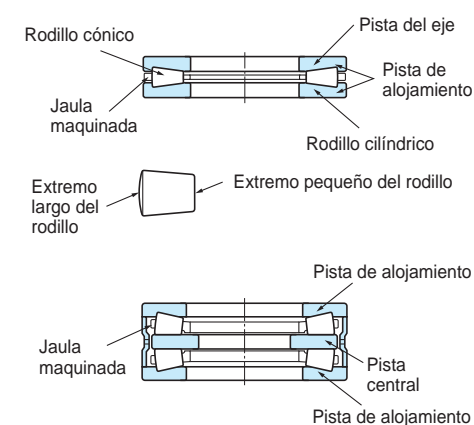



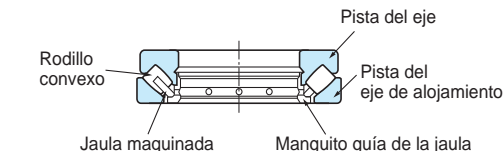
Tabla 1-13 Rodamientos axiales de rodillos esféricos


29200 29300 29400

- Este tipo de rodamiento, que comprende rodillos convexos en forma de barril dispuestos en ángulo con el eje, es autoalineable debido a la pista de rodadura del aro del alojamiento esférico; por lo tanto, la inclinación del eje se puede compensar hasta cierto grado.
- Se proporciona una gran resistencia a la carga axial. Este tipo puede acomodar una pequeña cantidad de carga radial así como carga axial pesada.
- Normalmente se emplea lubricación con aceite.

Jaula mecanizada de aleación de cobre

Generadores hidroeléctricos, motores verticales, ejes de hélice para buques, reductores de velocidad de tornillo, pluma grúas, molinos de carbón, máquinas de punsonado, máquinas de molde



2. Esquema de selección del rodamiento

Actualmente, el diseño de rodamientos se ha diversificado, su rango de aplicación se está ampliando cada vez más. Con el fin de seleccionar los rodamientos más adecuados para una aplicación, es necesario realizar un estudio exhaustivo sobre los rodamientos y el equipo en el que se instalarán, incluidas las condiciones de funcionamiento, el rendimiento requerido de los

rodamientos, las especificaciones de los otros componentes a instalar junto con los rodamientos, la capacidad de comercialización y el rendimiento de costos, etc.

En la selección de los rodamientos, dado que el diámetro del eje se determina normalmente de antemano, el tipo de rodamiento prospectivo se elige sobre la base del espacio de instalación, disposición prevista y de acuerdo con el diámetro del agujero requerido.

A continuación, a partir de las especificaciones de los rodamientos se determina la vida útil requerida cuando se compara con la del equipo en el que se utiliza, junto con un cálculo de la vida real del servicio de las cargas operativas.

También se seleccionan las especificaciones internas, incluyendo la precisión de los rodamientos, el juego interno, la jaula y el lubricante, dependiendo de la aplicación.

Para referencia, el procedimiento de selección general y las condiciones operativas se describen en la Fig. 2-1. No hay necesidad de seguir un orden específico, ya que el objetivo es seleccionar el rodamiento correcto para lograr un rendimiento óptimo.

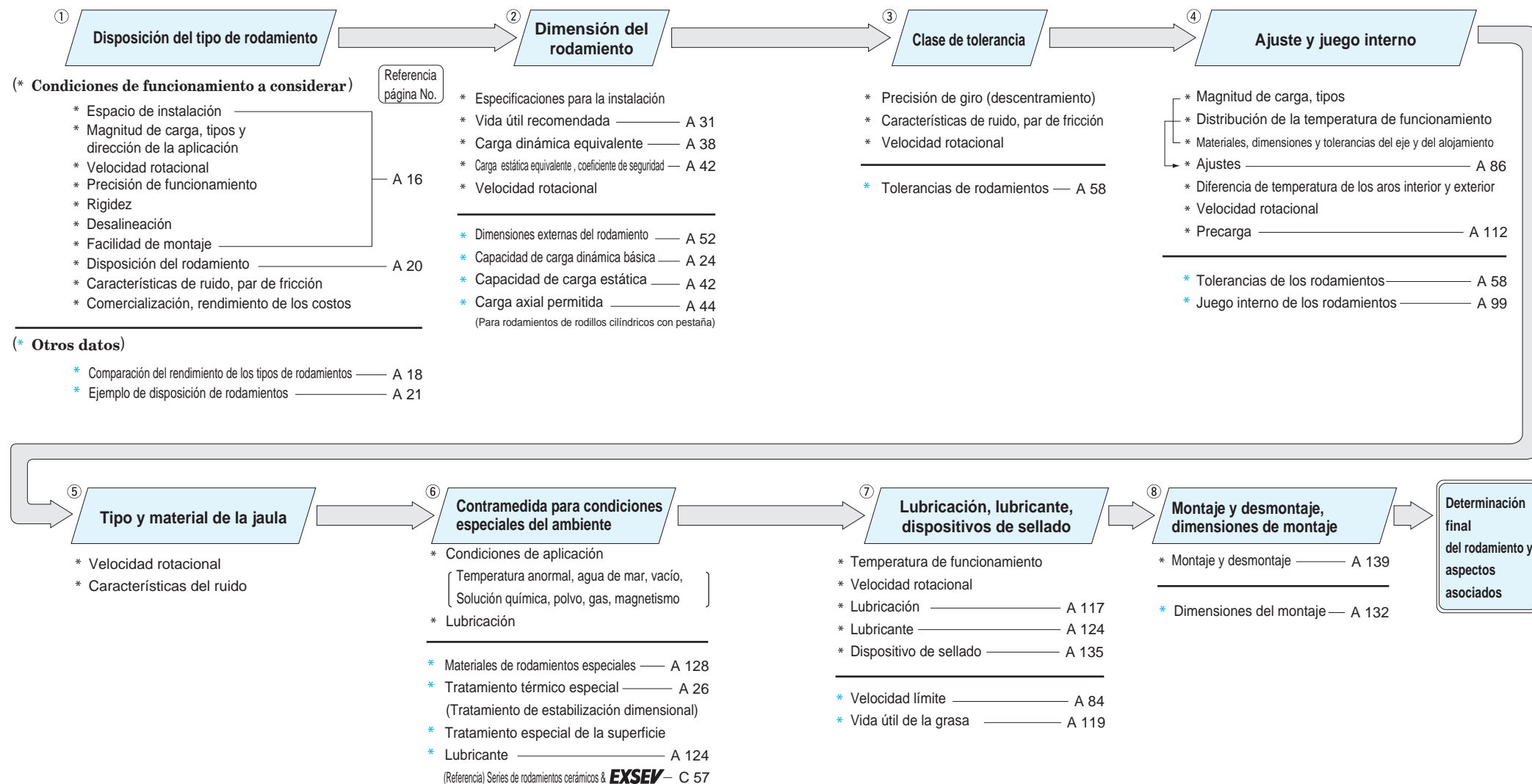


Fig. 2-1(1) Procedimiento de selección de rodamientos

Fig. 2-1(2) Procedimiento de selección de rodamientos

3. Selección del tipo de rodamiento

En la selección de los rodamientos, lo más importante es comprender completamente el funcionamiento de las condiciones de los rodamientos.

Los principales factores a considerar se enumeran en la Tabla 3-1, mientras que los tipos de rodamientos se enumeran en la tabla 3-2.

Tabla 3-1 (1) Selección del tipo de rodamiento

Elementos a considerar	Método de selección	Referencia pág. No.
1) Espacio de instalación	El rodamiento se puede instalar en el equipo objetivo.	A 52
2) Carga	Magnitud de la carga, tipo y dirección aplicada. (La resistencia de carga del rodamiento se especifica en términos de la capacidad de carga básica y su valor se especifica en la tabla de especificaciones del rodamiento.)	A 18 (Tabla 3-2) A 87
3) Velocidad rotacional	Responde a la velocidad de rotación del equipo en el que se instalarán los rodamientos (La velocidad límite para el rodamiento se expresa como velocidad permitida, y este valor se especifica en la tabla de especificaciones del rodamiento.)	A 18 (Tabla 3-2) A 84
4) Precisión de la marcha	Rotación precisa que proporciona el rendimiento requerido (La precisión de la dimensión y la exactitud de los rodamientos son proporcionados por JIS, etc.)	A 18 (Tabla 3-2) A 58
5) Rígidez	La rigidez que proporciona el rendimiento del rodamiento requerido (Cuando la carga se aplica a un rodamiento, la deformación elástica se produce en el punto donde sus elementos rodantes entran en contacto con la superficie de la pista. Cuanto mayor sea la rigidez que poseen los rodamientos, mejor controlan la deformación elástica.)	A 18 (Tabla 3-2) A 112

Table 3-1 (2) Selección del tipo de rodamiento

Elementos a considerar	Método de selección	Reference page No.
6) Desalineación (capacidad de alineación) Las condiciones de funcionamiento que causan desalineación (deflexión del eje causada por la carga, inexactitud del eje y el alojamiento, errores de montaje) pueden afectar el rendimiento del rodamiento. (El desalineamiento admisible (en ángulo) para cada tipo de rodamiento se describe en la sección antes de la tabla de especificaciones de rodamientos, para facilitar la determinación de la capacidad de autoalineación de los rodamientos.)	<ul style="list-style-type: none">* La carga interna causada por una desalineación excesiva daña los rodamientos. Los rodamientos diseñados para absorber tal desalineación deben ser seleccionados.* Cuanto mayor sea la capacidad de autoalineación que los rodamientos poseen, mayor es la desalineación angular que puede ser absorbida. El siguiente es el orden general de los rodamientos al comparar la desalineación angular permisible: (Rodamiento de rodillos cilíndricos < Rodamiento de rodillos cónicos < rodamiento rígido de bolas, rodamiento de bolas de contacto angular < rodamiento de rodillo esférico, rodamiento de bolas autoalineable)	A 18 (Tabla 3-2)
7) Montaje y desmontaje Los métodos y la frecuencia de montaje y desmontaje requeridos para inspección periódica.	<ul style="list-style-type: none">* Los rodamientos de rodillos cilíndricos, los rodamientos de agujas y los rodamientos de rodillos cónicos, con aros interior y exterior separables, son recomendados para aplicaciones en las que el montaje y desmontaje se realiza con frecuencia.* El uso del manguito facilita el montaje de los rodamientos de bolas autoalineables y de los rodamientos de rodillos esféricos con agujero cónico.	A 18 (Tabla 3-2)

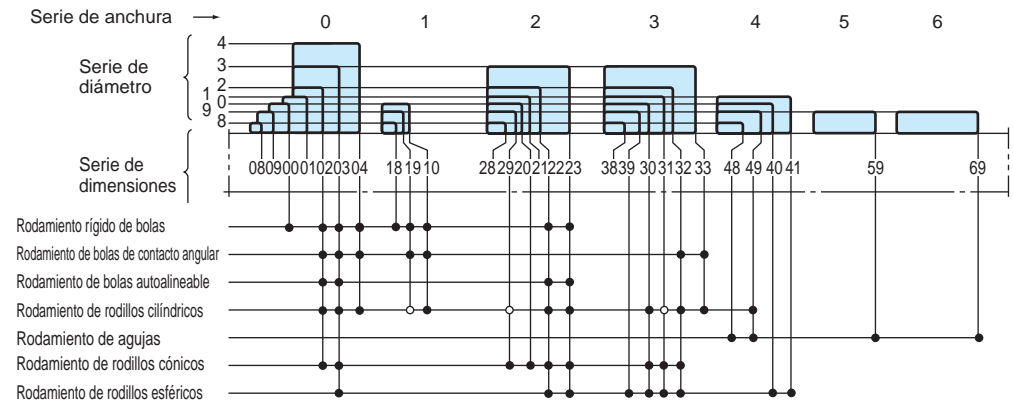


Fig. 3-1 Serie de dimensiones para rodamientos radiales

Tabla 3-2 Comparación del rendimiento del tipo de rodamiento

		Rodamiento rígido de bolas	Rodamiento de bolas de contacto angular Una hilera	Apareado	Doble hilera	Rodamiento de bolas de 4 puntos de contacto	Rodamiento de bolas autoalineable	Rodamiento de rodillos cilíndricos					Rodamiento de agujas (aro tipo maquinado)	Rodamiento de rodillos cónicos Una hilera	Doble hilera, cuatro hileras	Rodamiento de rodillos esféricos	Rodamiento axial de bolas Con caras planas	Con asientos autoalineables	Rodamiento axial de bolas de contacto angular de doble efecto	Rodamiento axial de rodillos cilíndricos	Rodamiento axial de rodillos de agujas	Rodamiento axial de rodillos cónicos	Rodamiento axial de rodillos esféricos	Referencia página No.
								NU · N	NJ · NF	NUP · NH	NN · NNU													
Resistencia de la carga	Carga radial	○	○	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	×	×	×	×	×	×	△	—
	Carga axial	○ ↔	◎ ←	◎ ↔ *	◎ ↔ *	◎ ↔	△ ↔	×	△ ←	△ ↔	×		×	◎ ←	◎ ↔	△ ↔	○ ← *	○ ← *	◎ ↔	◎ ←	◎ ←	◎ ←	◎ ←	—
	Carga radial y axial combinada	○	○	◎	◎	○	△	×	△	△	×		×	◎	◎	△	×	×	×	×	×	×	△	—
	Vibración o carga de impacto	△	△	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎		○	◎	◎	◎	△	△	△	○	○	◎	◎	—
Adaptabilidad a alta velocidad		◎	◎	◎	○	◎	△	◎	◎	◎	◎		○	○	○	○	△	△	○	△	△	△	△	A16 A84
Alta precisión		◎	◎	◎		◎		◎			◎			○			○		◎					A16, 58 A117
Nivel bajo de ruido/torque bajo		◎						○																A16
Rigidez				○		○		○	○	○	◎		○	○	◎				○	◎	◎	◎		A16
Desalineación		○	△	×	×	×	◎	△	△	△	△		△	△	△	◎	×	◎	×	×	×	×	◎	A17 Descripción antes de la tabla de especificaciones
Separabilidad del aro interior y exterior		×	×	×	×	■ *	×	■	■	■	■		■	■	■	×	■	■	■	■	■ *	■	■	—
Disposición	Lado fijo	■ ↔	■ ←	■ ↔	■ ↔ *	■ ↔	■ ↔	×	■ ←	■ ↔	×		×	■ ←	■ ↔	■ ↔								A20
	Lado libre	□		□	□	□	□	■	□	□	■		■		□	□								A20
Observaciones			Un par de rodamientos montados uno frente al otro.	*La disposición DT es efectiva para una sola dirección.	* El tipo de ranura de llenado es efectivo para una sola dirección.	* El tipo no separable esta también disponible.								Un par de rodamientos montados uno frente al otro.			*Los rodamientos de doble dirección son efectivos para ambas direcciones.				*El tipo no separable esta también disponible.			—
Referencia página No.		A4 B4	A5 B52		A6 —	A6 B122	A7 B136						A8 B354	A9 B182		A10 B282	A11 B328		— —	A12 B440	A12 B436	A13 —	A13 B346	—

◎ Excelente # Bueno △ Justo × Inaceptable ↔ Ambas direcciones ← Una sola dirección ■ Aceptable □ Aceptable, pero la contracción del eje debe compensarse.

4. Selección de la disposición de los rodamientos

Dado que las condiciones operativas de los rodamientos varían dependiendo de los dispositivos en los que son montados, se requieren diferentes desempeños de rodamientos.

Normalmente, se utilizan dos o más rodamientos en un eje.

En muchos casos, con el fin de ubicar la posición del eje en la dirección axial, un rodamiento está montado primero en el lado fijo, el otro está montado en el lado libre.

Tabla 4-1 Rodamiento sobre el lado fijo y el lado libre

	Características	Tipo de rodamiento recomendado	Ejemplo No.
Rodamiento de lado fijo	<ul style="list-style-type: none"> * Este rodamiento determina la posición axial del eje. * Este rodamiento puede acomodar ambas cargas radial y axial. * Dado que en este rodamiento se impone una carga axial en ambos sentidos, se debe tener en cuenta la resistencia al seleccionar el rodamiento para este lado. 	Rodamiento rígido de bolas. Rodamientos de bolas de contacto angular apareado o apilado. Rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular. Rodamiento de bolas autoalineable. Rodamiento de rodillos cilíndricos con pestaña. (Tipos NUP y NH). Rodamiento de dos hileras de rodillos cónicos. Rodamiento de rodillos esféricos.	
Rodamiento de lado libre	<ul style="list-style-type: none"> * Este rodamiento se emplea para compensar la expansión o contracción causada por el cambio de temperatura de operación y para permitir el ajuste de la posición del rodamiento. * Los rodamientos que admiten cargas radiales solamente y cuyos aros interior y exterior son separables se recomiendan como rodamiento lado libre. * En general, si se utilizan rodamientos no separables en el lado libre, se proporciona un ajuste de holgura entre el aro exterior y el alojamiento para compensar el movimiento del eje a través de los rodamientos. En algunos casos, se utiliza la holgura entre el eje y el aro interior.	<ul style="list-style-type: none"> * Tipos separables Rodamiento de rodillos cilíndricos (Tipos NU y N). Rodamiento de agujas (Tipo NA, etc.). <ul style="list-style-type: none"> * Los tipos no separables Rodamiento rígido de bolas Rodamiento de bolas de contacto angular apareado (Disposición de espalda con espalda). Rodamiento de bolas de contacto angular de dos hileras. Rodamiento de bolas autoalineable. Rodamiento de rodillos cónicos de dos hileras (Tipo TDO). Rodamiento de rodillos esféricos	Ejemplos 1-11
Cuando el lado fijo y el libre no se distinguen	<ul style="list-style-type: none"> * Cuando los intervalos de los rodamientos son cortos y la contracción del eje no afecta en gran medida al funcionamiento del rodamiento, un par de rodamientos de bolas de contacto angular o rodamiento de rodillos cónicos se utilizan en el montaje apareado para acomodar la carga axial. * Después del montaje, el juego axial se ajusta mediante tuercas o arandelas. 	Rodamiento rígido de bolas. Rodamiento de bolas de contacto angular. Rodamiento de bolas autoalineable. Rodamiento de rodillos cilíndricos (Tipos NJ y NF). Rodamiento de rodillos cónicos. Rodamiento de rodillos esféricos.	Ejemplos 12-16
Rodamientos para ejes verticales	<ul style="list-style-type: none"> * Rodamientos axiales junto con rodamientos radiales. radial y axial deben ser usadas sobre el lado fijo. La carga axial pesada puede ser acomodada utilizando rodamientos axiales junto con rodamientos radiales. * Los rodamientos que pueden acomodar carga radial solamente se utilizan en el lado libre, compensando el movimiento del eje. 	<ul style="list-style-type: none"> * Lado fijo Rodamiento de bola de contacto angular apareado (Disposición de espalda con espalda). Rodamiento de rodillos cónicos de dos hileras (Tipo TDO). Rodamiento axial + rodamiento radial.	Ejemplos 17 y 18

Tabla 4-2 (1) Ejemplo de las disposiciones de los rodamientos

Ejemplo	Disposición de rodamientos		Aplicación recomendada	Ejemplo de aplicación
	Lado fijo	Lado libre		
Ej. 1			<ul style="list-style-type: none"> • Conveniente para operación de alta velocidad; Utilizado para varios tipos de aplicaciones. • No se recomienda para aplicaciones que tienen desplazamiento del centro entre rodamientos o deflexión del eje. 	Motores de Tamaño mediano Sopladores de aire
Ej. 2			<ul style="list-style-type: none"> • Más adecuado que el Ej. 1 para funcionamiento bajo carga pesada o carga de impacto. Conveniente también para el funcionamiento de alta velocidad. • Debido a la separabilidad, es adecuado para aplicaciones que requieren interferencia de aros tanto internos como externos. • No se recomienda para aplicaciones que tienen desplazamiento del centro entre rodamientos o deflexión del eje. 	Motores de tracción para material rodante ferroviario
Ej. 3			<ul style="list-style-type: none"> • Recomendado para aplicaciones con una carga de impacto más pesada o mayor que aquellas en el Ej. 2. • Esta disposición requiere una alta rigidez de los rodamientos del lado fijo montados espalda con espalda, con precarga proporcionada. • El eje y el alojamiento de dimensiones precisas deben ser seleccionadas y montadas apropiadamente. 	Rodillos de mesa de siderurgica, husillos de torno
Ej. 4			<ul style="list-style-type: none"> • Esta se recomienda para el funcionamiento a alta velocidad o carga axial más liviana que en Ej. 3. • Este se recomienda para aplicaciones que requieren interferencia de aros tanto internos como externos. • Algunas aplicaciones utilizan rodamientos de bolas de contacto angular de dos hileras del lado fijo en lugar de rodamientos de bolas de contacto angular apareados. 	Motores
Ej. 5			<ul style="list-style-type: none"> • Esta se recomienda para operaciones bajo carga axial relativamente pequeña. • Esta se recomienda para aplicaciones que requieren interferencia de aros tanto internos como externos. 	Rodillos de calandria de fabricación de papel, eje de locomotora diésel
Ej. 6			<ul style="list-style-type: none"> • Esta se recomienda para operaciones a alta velocidad y carga radial pesada, así como carga axial normal. • Cuando se utilizan rodamientos rígidos de bolas, se debe proporcionar espacio entre el diámetro exterior y el alojamiento, para evitar la aplicación de la carga radial. 	Transmisiones de locomotoras diésel
Ej. 7			<ul style="list-style-type: none"> • Esta disposición es la más empleada. • Esta disposición puede acomodar carga axial parcial así como carga radial. 	Bombas, transmisiones de automóviles

Tabla 4-2 (2) Ejemplo de las disposiciones de los rodamientos

Ejemplo	Disposición del rodamiento		Aplicación recomendada	Ejemplo de aplicación
	Lado fijo	Lado libre		
Ej. 8			<ul style="list-style-type: none"> Esta se recomienda para operaciones con carga axial relativamente pesada en ambas direcciones. Algunas aplicaciones utilizan rodamientos de bolas de contacto angular apareados en el lado fijo en lugar de rodamientos de bolas de contacto angular de dos hileras. 	Reductores de velocidad de engranajes helicoidales
Ej. 9			<ul style="list-style-type: none"> Esta es la disposición óptima para aplicaciones con posibles errores de montaje o deflexión del eje. Los rodamientos, en esta disposición, pueden acomodar carga axial parcial, así como carga radial pesada. 	Reductores de velocidad de rodillos de mesa de siderurgia, ruedas de grúa
Ej. 10			<ul style="list-style-type: none"> Esta es la disposición óptima para aplicaciones con posibles errores de montaje o deflexión del eje. La facilidad de montaje y desmontaje, asegurada por el uso del adaptador, hace que esta disposición sea adecuada para ejes largos que no están escalonados ni roscados. Esta disposición no se recomienda para aplicaciones que requieren capacidad de carga axial. 	Contraejos de equipos de la industria en general
Ej. 11			<ul style="list-style-type: none"> Esta es la disposición óptima para aplicaciones con posibles errores de montaje o deflexión del eje. Esta se recomienda para operaciones bajo carga de impacto o carga radial más pesada que en Ej. 10. Esta disposición puede acomodar carga axial parcial así como carga radial. 	Rodillos de mesa de siderúrgica
Disposición en la que no se distinguen los lados fijo y libre			Aplicación recomendada	Ejemplo de aplicación
Ej. 12			<ul style="list-style-type: none"> Esta disposición es más popular cuando se aplica a equipos pequeños que funcionan bajo carga ligera. Cuando se utiliza con precarga ligera, laines de ajuste o un resorte son montados en un lado del aro exterior. 	Pequeños motores, pequeños reductores de velocidad, pequeñas bombas
Ej. 13			<ul style="list-style-type: none"> Esta es adecuada para aplicaciones en las que la rigidez se mejora mediante la precarga. Esta se emplea frecuentemente en aplicaciones que requieren una operación de alta velocidad bajo una carga axial relativamente grande. La disposición de espalda con espalda es adecuada para aplicaciones en las que la carga momentánea afecta el funcionamiento. Cuando la precarga es requerida, se debe tener cuidado en el ajuste de la precarga. 	Husillos de máquinas herramientas

Tabla 4-2 (3) Ejemplo de las disposiciones de los rodamientos

Ejemplo	Disposición en la que no se distinguen los lados fijo y libre	Aplicación recomendada	Ejemplo de aplicación
Ej. 14		<ul style="list-style-type: none"> Esta se recomienda para el funcionamiento bajo carga de impacto o carga axial más pesada que en el Ej. 13. Esta es adecuado para aplicaciones en las que la rigidez se mejora mediante la precarga. La disposición de espalda con espalda es adecuada para aplicaciones en las que la carga momentánea afecta el funcionamiento. Cuando se requiere interferencia entre el aro interior y el eje, la disposición cara a cara simplifica el montaje. Esta disposición es eficaz para aplicaciones en las que es posible un error de montaje. Cuando se requiere precarga, se debe tener cuidado en el ajuste de la misma. 	Reductores de velocidad, ruedas de automóvil
Ej. 15		<ul style="list-style-type: none"> Esta se recomienda para aplicaciones que requieren alta velocidad y alta precisión de rotación bajo carga ligera. Esta es adecuada para aplicaciones en las que la rigidez se mejora mediante la precarga. Es posible la disposición en tándem y la disposición cara a cara, al igual que la disposición de espalda con espalda. 	Husillos de máquinas herramientas
Ej. 16		<ul style="list-style-type: none"> Esta disposición proporciona resistencia contra fuertes cargas radiales y de impacto. Esta es aplicable cuando los aros internos y externos requieren interferencia. Debe tenerse cuidado de no reducir el juego axial interno de una cantidad crítica durante el funcionamiento. 	Eje de transmisión de equipo de construcción
Aplicación para ejes verticales		Aplicación recomendada	Ejemplo de aplicación
Ej. 17		<ul style="list-style-type: none"> Esta disposición, que utiliza rodamientos de bolas de contacto angular apareadas en el lado fijo y rodamientos de rodillos cilíndricos en el lado libre, es adecuada para el funcionamiento a alta velocidad. 	Motores verticales, bombas verticales
Ej. 18		<ul style="list-style-type: none"> Esta se recomienda para el funcionamiento a baja velocidad y carga pesada, en donde la carga axial es más pesada que la carga radial. Debido a la capacidad de autoalineación, esta es adecuada para aplicaciones en las que se produce un desvío del eje u ocurre una deflexión. 	Ejes centrales de grúa, bombas verticales

5. Selección de las dimensiones de los rodamientos

5-1 Vida útil del rodamiento

Cuando los rodamientos giran bajo carga, el material se desprende de las superficies de los aros internos y externos o de los elementos rodantes por la fatiga que surge de la tensión de contacto repetida (ref. A 150).

Este fenómeno se llama descamación.

El número total de rotaciones del rodamiento hasta que se produce el desprendimiento se considera como la "vida útil del rodamiento (fatiga)".

"La vida útil (fatiga)" varía mucho dependiendo de las estructuras de los rodamientos, las dimensiones, los materiales y los métodos de fabricación.

Dado que este fenómeno resulta de la distribución de la fatiga en los mismos materiales del rodamiento, las diferencias en la vida útil del rodamiento deben ser consideradas estadísticamente.

Cuando se hace girar un grupo de rodamientos idénticos en las mismas condiciones, el número total de revoluciones hasta que el 90% de los rodamientos queda sin descamación (es decir, una vida útil del 90% de fiabilidad) se define como la vida nominal efectiva. En funcionamiento a velocidad constante, la vida nominal efectiva se puede expresar en términos de tiempo.

En el funcionamiento real, un rodamiento falla no sólo debido a la fatiga, sino también a otros factores, tales como uso, agarrotamiento, arrastre, fricción, desgaste, fisuración, etc. (ref. A 150, 16. Ejemplos de fallas del rodamiento).

Estas fallas del rodamiento se pueden minimizar seleccionando el método de montaje y el lubricante adecuados, así como el rodamiento más adecuado para la aplicación.

5-2 Cálculo de la vida útil

5-2-1 Capacidad de carga dinámica básica C

La carga dinámica básica puede ser radial pura (para rodamientos radiales) o carga axial central (para rodamientos axiales) de magnitud constante en una dirección constante, bajo la cual se puede obtener la vida útil básica de 1 millón de revoluciones cuando el aro interior gira mientras que el aro exterior está parado, o viceversa. La carga dinámica básica, que representa la capacidad de un rodamiento bajo fatiga de rodadura, se especifica como la carga radial dinámica básica (C_r) para rodamientos radiales y la carga axial dinámica básica (C_a) para los rodamientos axiales. Estas capacidades de carga se enumeran en la tabla de especificaciones.

Estos valores están prescritos por la ISO 281/1990 y están sujetos a cambios, conforme con las últimas normas ISO.

5-2-2 Vida nominal efectiva L_{10}

La vida nominal efectiva L_{10} es una vida útil de 90% de fiabilidad cuando se usa en condiciones normales de uso para rodamientos de alta calidad de fabricación donde el interior del rodamiento es de un diseño estándar hecho de materiales de acero especificados en JIS o materiales equivalentes.

La relación entre la carga dinámica básica, la carga dinámica equivalente y la vida nominal efectiva de un rodamiento puede expresarse mediante la ecuación (5-1). Esta ecuación de cálculo no se aplica a los rodamientos que se ven afectados por factores tales como la deformación plástica de las superficies de contacto de pistas de rodadura y elementos rodantes debido a condiciones de carga extremadamente altas (cuando P excede la capacidad de carga estática C_0 (referirse a la p. 42) o $0,5C$) o, a la inversa, los rodamientos que se ven afectados por factores tales como el deslizamiento de las superficies de contacto de las pistas de rodadura y los elementos rodantes debido a condiciones de carga extremadamente bajas.

Si se presentan condiciones como estas, consulte con JTEKT.

Es conveniente expresar la vida nominal efectiva en términos de tiempo, usando la ecuación (5-2), cuando se usa un rodamiento para que funcione a una velocidad constante; y, en términos de distancia de desplazamiento (km), utilizando la ecuación (5-3), cuando se usa un rodamiento en material rodante ferroviario o automóviles.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Total de} \\ \text{revoluciones} \end{array} \right) L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (5-1)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{Tiempo} \end{array} \right) L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (5-2)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{Distancia de} \\ \text{recorrido} \end{array} \right) L_{10s} = \pi D L_{10} \quad (5-3)$$

Donde :

L_{10} : vida nominal efectiva 10^6 revoluciones

L_{10h} : vida nominal efectiva h

L_{10s} : vida nominal efectiva km

P : carga dinámica equivalente N
(ir a p. A 38.)

C : capacidad de carga dinámica básica N

n : velocidad rotacional min^{-1}

p : para rodamiento de bolas $p = 3$

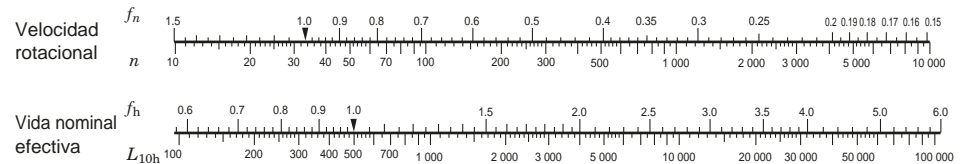
para rodamiento de rodillos $p = 10/3$

D : Diámetro de rueda o neumático mm

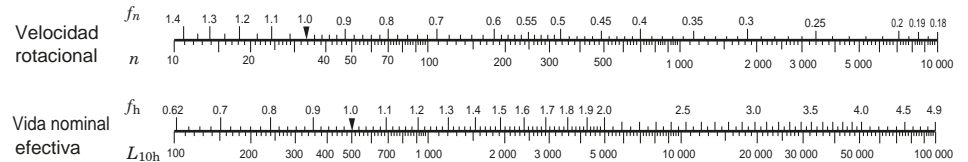
En consecuencia, cuando la carga dinámica equivalente es P y la velocidad de rotación es n , puede utilizarse la ecuación (5-4) para calcular la carga dinámica básica C ; Entonces se puede seleccionar el tamaño del rodamiento más adecuado para un propósito específico, haciendo referencia a la tabla de especificaciones del rodamiento.

La vida útil recomendada de los rodamientos varía dependiendo de las máquinas con las que se utilice el rodamiento, como se muestra en la Tabla 5-5, p. A 31.

[Rodamiento de bolas]



[Rodamiento de rodillos]



[Referencia] Velocidad rotacional (n) y su coeficiente (f_n), y coeficiente de vida útil (f_h) y vida nominal efectiva (L_{10h})

$$C = P \left(L_{10h} \times \frac{60n}{10^6} \right)^{1/p} \quad (5-4)$$

[Referencia]

Las ecuaciones que utilizan un coeficiente de vida útil (f_h) y un coeficiente de velocidad de rotación (f_n) respectivamente, basadas en la ecuación (5-2), son las siguientes:

$$L_{10h} = 500 f_h^p \quad (5-5)$$

Coefficiente de vida útil :

$$f_h = f_n \frac{C}{P} \quad (5-6)$$

Coefficiente de velocidad rotacional :

$$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^{1/p} = (0.03n)^{-1/p} \quad (5-7)$$

Para la referencia, los valores de f_n , f_h y L_{10h} pueden obtenerse fácilmente empleando el nomógramo adjunto a este catálogo, como un método abreviado.

5-2-3 Corrección de la carga dinámica básica para el uso a altas temperaturas y el tratamiento de estabilización de dimensiones

En el funcionamiento a alta temperatura, la dureza del material se deteriora, a medida que se alteran las composiciones del material. Como resultado, la capacidad de carga dinámica básica disminuye. Una vez alterada, la composición del material no se recupera, incluso si las temperaturas de funcionamiento vuelven a la normalidad.

Por lo tanto, para los rodamientos utilizados en el funcionamiento a alta temperatura, la capacidad de carga dinámica básica debe corregirse multiplicando los valores de la capacidad de carga dinámica básica especificados en la tabla de especificaciones de los rodamientos por los valores del coeficiente de temperatura dados en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Valores de coeficiente de temperatura

Temperatura del rodamiento °C	125	150	175	200	250
Coeficiente de temperatura	1	1	0.95	0.90	0.75

Dado que el tratamiento térmico normal no es efectivo para mantener el tamaño original del rodamiento en una operación prolongada a 120° C o más, es necesario un tratamiento de estabilización dimensional. Los códigos de tratamiento de estabilización de dimensiones y sus rangos de temperatura efectivos se describen en la Tabla 5-2.

Dado que el tratamiento de estabilización dimensional disminuye la dureza del material, la capacidad de carga dinámica básica puede reducirse para algunos tipos de rodamientos.

Tabla 5-2 Tratamiento de estabilización de dimensiones

Códigos de tratamiento estabilización de dimensiones	Rango de temperatura efectiva
S0	Sobre 100 °C, hasta 150 °C
S1	150 °C 200 °C
S2	200 °C 250 °C

5-2-4 Vida nominal modificada L_{nm}

La vida de los rodamientos se estandarizó como vida nominal efectiva en la década de 1960, pero en aplicaciones actuales, a veces la vida real y la vida nominal efectiva han sido muy diferentes debido al estado de lubricación y a la influencia del entorno de uso. Para hacer la vida calculada más cercana a la vida real, una vida nominal se ha considerado desde los años 80. En esta vida nominal corregida, el factor característico del rodamiento α_2 (un factor de corrección para el caso en que las características relacionadas con la vida se cambian debido a los materiales del rodamiento, proceso de fabricación y diseño) y el factor de condición de uso α_3 (que tiene en cuenta las condiciones de uso que influyen directamente en la vida útil del rodamiento, como la lubricación) o el factor α_{23} formado por la interdependencia de estos dos factores, los cuales son considerados con la vida útil nominal o vida nominal efectiva. Estos factores fueron manejados de manera diferente por cada fabricante de rodamientos, pero se han estandarizado como vida nominal modificada en **ISO 281** en el 2007. En el 2013, el **JIS B 1518** (capacidades de carga dinámica y vida nominal) fue modificado para ajustarse a la **ISO**.

La vida útil nominal (L_{10}) mostrada en la ecuación (5-1) es la vida útil (fatiga) con una confiabilidad de 90% bajo condiciones normales de uso para rodamientos que tienen factores estándar tales como diseño interno, materiales y calidad de fabricación. **JIS B 1518**: 2013 especifica un método de cálculo basado en **ISO 281**: 2007. Para calcular la vida exacta de los rodamientos en una variedad de condiciones de operación, es necesario considerar elementos tales como el efecto de cambios en factores que pueden ser anticipados cuando se usan diferentes confiabilidades y enfoques de sistema, e interacciones entre factores. Por lo tanto, el método de cálculo especificado considera una tensión adicional debido al estado de lubricación, la contaminación del lubricante y el límite de carga de fatiga C_u (véase la página A 29) en el interior del rodamiento. La vida que utiliza este factor de modificación α_{ISO} , que considera los factores anteriores, se llama vida nominal modificada L_{nm} y se calcula con la siguiente ecuación (5-8).

$$L_{nm} = \alpha_1 \alpha_{ISO} L_{10} \quad (5-8)$$

En esta ecuación,

L_{nm} : Vida nominal modificada 10⁶ rotaciones

(Esta vida nominal se ha modificado para uno de o una combinación de lo siguiente: fiabilidad del 90% o superior, límite de carga por fatiga, características especiales del rodamiento, contaminación por lubricación y condiciones especiales de funcionamiento.)

L_{10} : Vida nominal efectiva 10⁶ rotaciones (fiabilidad: 90 %).

α_1 : Modificación de vida para factor de fiabilidad consulte la sección (1).

α_{ISO} : Factor de modificación de la vida consulte la sección (2).

[Observación]

Quando se deben seleccionar las dimensiones de los rodamientos con L_{nm} superior a 90% en la fiabilidad, se debe considerar la resistencia del eje y del alojamiento

(1) Modificación de vida para factor de fiabilidad α_1

El término "fiabilidad" se define como: "para un grupo de rodamientos aparentemente idénticos, que operan en las mismas condiciones, el porcentaje del grupo que se espera que alcance o supere una vida determinada" en **ISO 281**: 2007. Los valores de α_1 utilizados para calcular una vida nominal modificada con una fiabilidad de 90% o superior (una probabilidad de fallo de 10% o menos) se muestran en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Modificación de vida para factor de fiabilidad α_1

Fiabilidad, %	L_{nm}	α_1
90	L_{10m}	1
95	L_{5m}	0.64
96	L_{4m}	0.55
97	L_{3m}	0.47
98	L_{2m}	0.37
99	L_{1m}	0.25
99.2	$L_{0.8m}$	0.22
99.4	$L_{0.6m}$	0.19
99.6	$L_{0.4m}$	0.16
99.8	$L_{0.2m}$	0.12
99.9	$L_{0.1m}$	0.093
99.92	$L_{0.08m}$	0.087
99.94	$L_{0.06m}$	0.080
99.95	$L_{0.05m}$	0.077

(Cita de **JIS B 1518**:2013)

(2) Factor de modificación de la vida α_{ISO}

a) Aproximación del sistema

Las diversas influencias en la vida del rodamiento son dependientes el uno del otro. El método del sistema para calcular la vida modificada se ha evaluado como un método práctico para determinar el factor de modificación de la vida α_{ISO} (Ref. Figura 5-1). El factor de modificación de la vida α_{ISO} se calcula con la siguiente ecuación. Un diagrama está disponible para cada tipo de rodamiento (rodamientos radiales de bolas, rodamientos de rodillos radiales, rodamiento axial de bolas y rodamiento axial de rodillos). (Cada diagrama (Figuras 5-2 a 5-5) es una cita de **JIS 1518**: 2013).

Obsérvese que en el uso práctico, éste se ajusta para el factor de modificación de la vida α_{ISO} 50.

$$\alpha_{ISO} = f \left(\frac{e_c C_u}{P}, \kappa \right) \quad (5-9)$$

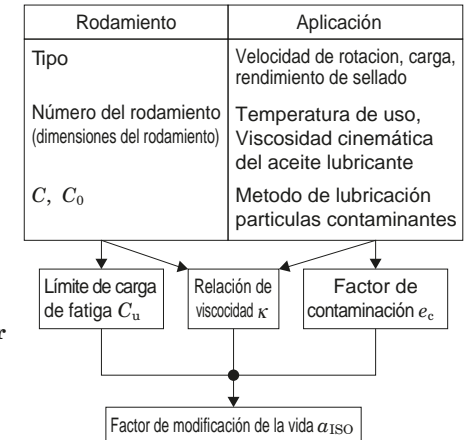


Fig. 5-1 Aproximación del sistema

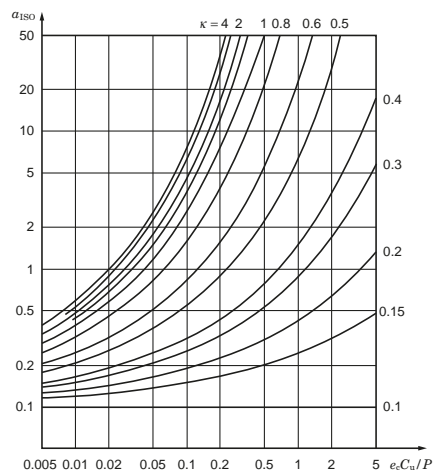


Fig. 5-2 Factor de modificación de la vida a_{ISO}
(Rodamiento radial de bolas)

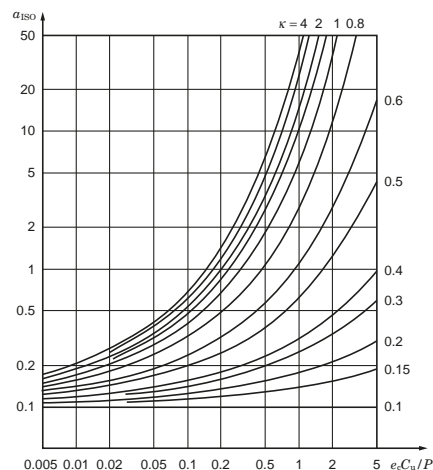


Fig. 5-3 Factor de modificación de la vida a_{ISO}
(Rodamiento radial de rodillos)

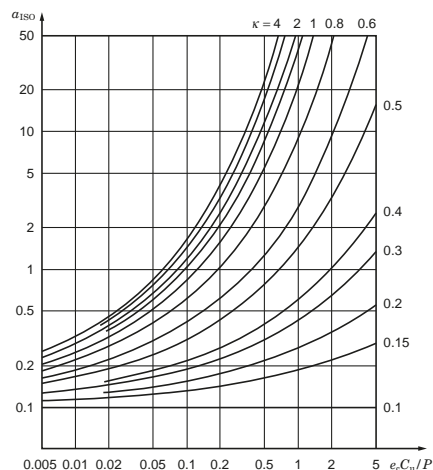


Fig. 5-4 Factor de modificación de la vida a_{ISO}
(Rodamiento axial de bolas)

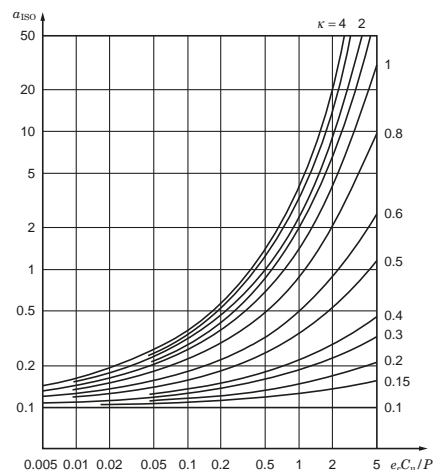


Fig. 5-5 Factor de modificación de la vida a_{ISO}
(Rodamiento axial de rodillos)

(Figs. 5-2 to 5-5 Cita de JIS B 1518:2013)

b) Límite de carga de fatiga C_u

Para los materiales de aceros regulados o de aleación de acero de calidad equivalente, la vida de fatiga es ilimitada siempre que la condición de carga no supere un valor determinado y siempre y cuando las condiciones de lubricación, clase de limpieza de lubricación y otras condiciones de funcionamiento sean favorables. Para materiales generales de alta calidad y rodamientos con alta calidad de fabricación, el límite de esfuerzo de fatiga se alcanza en una tensión de contacto de aproximadamente 1,5 GPa entre la pista y los elementos rodantes. Si una o ambas, de la calidad del material y de la calidad de fabricación son bajas, el límite de esfuerzo de fatiga también será bajo.

El término "límite de carga de fatiga" C_u se define como "carga de rodamiento bajo la cual el límite de fatiga es sólo alcanzado en el contacto de la pista más cargado" en ISO 281: 2007. Y se ve afectada por factores tales como el tipo, tamaño y material del rodamiento.

Para obtener más información sobre los límites de carga por fatiga de los rodamientos especiales y otros rodamiento no incluidos en este catálogo, póngase en contacto con JTEKT.

c) Factor de contaminación e_c

Si partículas sólidas en el lubricante contaminado son atrapadas entre las pistas y los elementos rodantes, pueden formarse marcas en una o ambas pistas y en los elementos rodantes. Estas marcas pueden conducir a incrementos localizados en los esfuerzos, lo cual disminuirá la vida. Esta reducción en la vida atribuible a la contaminación del lubricante puede ser calculada con un factor de contaminación e_c según el nivel de contaminación.

El D_{pw} mostrado en esta tabla es el diámetro primitivo del conjunto de bolas/rodillos, el cual es expresado simplemente como $D_{pw} = (D + d)/2$. (D : Diámetro exterior, d : Diámetro interior).

Para información más detallada como condiciones especiales de lubricación o investigaciones minuciosas, contacte a JTEKT.

Tabla 5-4 Valores del factor de contaminación e_c

Nivel de contaminación	e_c	
	$D_{pw} < 100 \text{ mm}$	$D_{pw} \geq 100 \text{ mm}$
Extremadamente alta limpieza: El tamaño de partículas es aproximadamente igual al espesor de la película del aceite lubricante esto es encontrado en ambientes de laboratorio.	1	1
Alta limpieza: El aceite ha sido filtrado por un filtro extremadamente fino, este es encontrado en la grasa estándar para rodamientos empacados y en los rodamientos sellados.	0.8 a 0.6	0.9 a 0.8
Limpieza estándar: El aceite ha sido filtrado por un filtro fino, este es encontrado en la grasa estándar para rodamientos empacada y en los rodamientos con tapas (Z).	0.6 a 0.5	0.8 a 0.6
Contaminación mínima: El lubricante está ligeramente contaminado.	0.5 a 0.3	0.6 a 0.4
Contaminación normal: Esto es encontrado cuando no son usados sellos y un filtro basto es usado en un ambiente en el cual restos del desgaste y partículas del área circundante penetran en el lubricante.	0.3 a 0.1	0.4 a 0.2
Alta contaminación: Este es encontrado cuando el ambiente circundante es considerablemente contaminado y el sello del rodamiento es insuficiente.	0.1 a 0	0.1 a 0
Extremadamente alta contaminación.	0	0

(Tabla 5-4 Cita de JIS B 1518:2013)

d) Relación de viscosidad

El lubricante forma una película de aceite en la superficie de contacto de los rodillos, la cual separa las pistas y los elementos rodantes. La condición de la película del aceite lubricante está expresada por la relación de viscosidad κ , la viscosidad cinemática actual a la temperatura de operación ν dividida por la viscosidad cinemática de referencia ν_1 como se muestra en la siguiente ecuación.

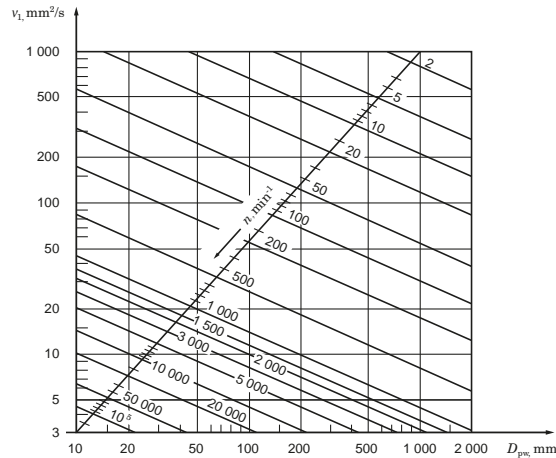
Un κ más grande que 4, igual a 4, o menor que 0.1 no es aplicable.

Para detalles en lubricantes tales como grasa y lubricantes con aditivo de extrema presión, contacte a JTEKT.

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1} \quad (5-10)$$

ν : La viscosidad cinemática actual a la temperatura de operación; la viscosidad del lubricante a la temperatura de operación. (referirse a Fig. 12-3, p. A127).

ν_1 : Viscosidad cinemática de referencia; determinada de acuerdo a la velocidad y al diámetro primitivo del conjunto de bolas/rodillos D_{pw} del rodamiento (ref. Fig. 3.3).



(Fig. 5-6 Cita de JIS B 1518:2013)

Fig. 5-6 Viscosidad cinemática de referencia v_1

5-2-5 Vida útil del sistema de rodamientos que comprende dos o más rodamientos

Incluso para sistemas que comprenden dos o más rodamientos, si uno está dañado, todo el sistema funciona mal.

Cuando todos los rodamientos utilizados en una aplicación se consideran como un sistema, la vida útil del sistema de rodamientos se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{L^e} = \frac{1}{L_1^e} + \frac{1}{L_2^e} + \frac{1}{L_3^e} + \dots \quad (5-11)$$

Donde :

L : Vida útil del sistema

L_1, L_2, L_3, \dots : vida útil de cada rodamiento

e : constante

$\left(\begin{array}{l} e = 10/9 \dots \dots \text{Rodamientos de bolas} \\ e = 9/8 \dots \dots \text{Rodamientos de rodillos} \\ \text{El valor medio es para un sistema que} \\ \text{utiliza rodamientos de bolas y rodillos.} \end{array} \right)$

[Ejemplo]

Cuando un eje está soportado por dos rodamientos de rodillos cuya vida útil es de 50 000 horas y 30 000 horas respectivamente, la vida útil del sistema de rodamientos que soporta este eje se calcula de la siguiente manera, utilizando la ecuación (5-11):

$$\frac{1}{L^{9/8}} = \frac{1}{50\,000^{9/8}} + \frac{1}{30\,000^{9/8}}$$

$$L \approx 20\,000 \text{ h}$$

La ecuación sugiere que la vida nominal de estos rodamientos como un sistema se vuelve más corta que la de el rodamiento con la vida corta.

Este hecho es muy importante para estimar la vida útil de los rodamientos para aplicaciones que utilizan dos o más rodamientos.

5-2-6 Aplicaciones y duración recomendada del rodamiento

Dado que una vida útil más larga no siempre contribuye a una operación económica, debe determinarse la vida útil más adecuada para cada aplicación y condiciones de funcionamiento.

Para referencia, la Tabla 5-5 describe la vida útil recomendada de acuerdo con la aplicación, según se determinó empíricamente.

Tabla 5-5 Aplicaciones y duración recomendada del rodamiento (referencia)

Condición de uso	Aplicación	Vida útil recomendada (h)
Funcionamiento corto o intermitente	Electrodomésticos, herramientas eléctricas, equipos agrícolas, equipos de elevación de carga pesada	4 000 – 8 000
Duración no extendida, pero requiere de un funcionamiento estable	Motores de aire acondicionado, equipos de construcción, transportadores, ascensores	8 000 – 12 000
Operación intermitente pero extendida	Cuello de rodillos de laminación, pequeños motores, grúas	8 000 – 12 000
	Motores utilizados en fábricas, engranajes en general	12 000 – 20 000
	Máquinas-herramienta, cribas vibradoras, trituradoras	20 000 – 30 000
	Compresores, bombas, engranajes de uso esencial	40 000 – 60 000
Operación diaria más de 8 horas. O funcionamiento prolongado continuo	Escaleras mecánicas	12 000 – 20 000
	Separadores centrífugos, acondicionadores de aire, sopladores de aire, equipos de carpintería, manguetas de ejes de autobuses	20 000 – 30 000
	Motores grandes, polipastos de mina, manguetas del eje de locomotora, motores de tracción del material rodante ferroviario	40 000 – 60 000
	Equipo de fabricación de papel	100 000 – 200 000
24 h. de operación (No se permite ninguna falla)	Instalaciones de suministro de agua, centrales eléctricas, instalaciones de descarga de agua de minas	100 000 – 200 000

5-3 Cálculo de la carga

Las cargas que afectan a los rodamientos incluyen la fuerza ejercida por el peso del objeto que soportan los rodamientos, la fuerza de transmisión de dispositivos tales como engranajes y correas, las cargas generadas en el equipo durante el funcionamiento, etc.

Rara vez se puede determinar este tipo de carga por simple cálculo, porque la carga no siempre es constante.

En muchos casos, la carga fluctúa y es difícil determinar la frecuencia y magnitud de la fluctuación.

Por lo tanto, las cargas se obtienen normalmente multiplicando los valores teóricos con varios coeficientes obtenidos empíricamente.

5-3-1 Coeficiente de carga

Incluso si las cargas radiales y axiales se obtienen mediante el cálculo dinámico general, la carga real se hace mayor que el valor calculado debido a la vibración y al impacto durante el funcionamiento.

En muchos casos, la carga se obtiene multiplicando los valores teóricos por el coeficiente de carga.

Tabla 5-6 Valores del coeficiente de carga f_w

Condición de uso	Ejemplo de aplicación	f_w
Funcionamiento con poca vibración o impacto	Motores Máquinas Herramientas Instrumentos de medición	1.0 – 1.2
Funcionamiento normal (Impacto ligero)	Material rodante ferroviario Automóviles Equipo de fabricación de papel Sopladores de aire Compresores Equipo agrícola	1.2 – 2.0
Funcionamiento con vibraciones o impactos severos	Laminadores Trituradoras Equipos de construcción Cribas vibratorias	2.0 – 3.0

$$F = f_w \cdot F_c \quad (5-12)$$

donde :

F : Carga medida	N
F_c : Carga calculada	N
f_w : Coeficiente de carga (ref. Tabla 5-6)	

5-3-2 Carga generada mediante transmisión por correa o cadena

En el caso de transmisión por correa, el valor teórico de la carga que afecta a los ejes de polea se puede determinar obteniendo la fuerza de transmisión efectiva de la correa.

Para el funcionamiento real, la carga se obtiene multiplicando esta fuerza de transmisión efectiva por el coeficiente de carga (f_w) considerando la vibración y el impacto generado durante el funcionamiento, y el coeficiente de correa (f_b) considerando la tensión de la correa.

En el caso de transmisión por cadena, la carga se determina utilizando un coeficiente equivalente al coeficiente de correa.

Esta ecuación (5-13) es como sigue:

$$F_b = \frac{2M}{D_p} \cdot f_w \cdot f_b$$

$$= \frac{19.1 \times 10^6 W}{D_p n} \cdot f_w \cdot f_b \quad (5-13)$$

Donde :

F_b : carga estimada que afecta el eje de la polea o el eje del piñón	N
M : Par que afecta a la polea o piñón	mN m
W : fuerza de transmisión	kW
D_p : diámetro del círculo primitivo de la polea o piñón	mm
n : velocidad rotacional	min ⁻¹
f_w : coeficiente de la carga (ref. Tabla 5-6)	
f_b : coeficiente de la correa (ref. Tabla 5-7)	

Table 5-7 Valores del coeficiente de correa f_b

Tipo correa	f_b
Correa dentada (con dientes)	1.3 – 2.0
Correa trapezoidal	2.0 – 2.5
Correa plana (con polea de tensión)	2.5 – 3.0
Correa plana	4.0 – 5.0
Cadena	1.2 – 1.5

5-3-3 Carga generada en transmisión de engranajes

(1) Cargas que afectan al coeficiente de engranajes y los engranajes

En el caso de transmisión de engranajes, las cargas transmitidas por engranajes se clasifican teóricamente en tres tipos: carga tangencial (K_t), carga radial (K_r) y carga axial (K_a).

Esas cargas pueden calcularse dinámicamente (usando las ecuaciones a), b) y c), descritas en la sección (2)).

Para determinar las cargas reales de los engranajes, estas cargas teóricas deben multiplicarse por coeficientes considerando la vibración y el impacto durante el funcionamiento (f_w) y el coeficiente de engranaje (f_g) (ver Tabla 5-8) considerando el tratamiento de acabado de los engranajes.

Table 5-8 Valores del coeficiente de engranaje f_g

Tipo de engranaje	f_g
Engranajes de precisión (error del paso y error de forma del diente inferior a 0,02 mm)	1.0 – 1.1
Engranajes normales (error del paso y error de forma del diente inferior a 0,1 mm).	1.1 – 1.3

(2) Cálculo de la carga en los engranajes

a) Carga tangencial (fuerza tangencial) K_t
(Engranajes rectos, engranajes helicoidales, engranajes helicoidales dobles, engranajes cónicos rectos, engranajes cónicos espirales helicoidales)
$K_t = \frac{2M}{D_p} = \frac{19.1 \times 10^6 W}{D_p n} \dots\dots\dots (5-14)$

a)~c) Donde :

K_t : carga tangencial del engranaje	N
K_r : carga radial del engranaje	N
K_a : carga axial del engranaje	N
M : par que afecta los engranajes	mN m
D_p : diámetro del círculo primitivo del engranaje	mm
W : fuerza de transmisión	kW
n : velocidad rotacional	min ⁻¹
α : ángulo de presión del engranaje	deg
β : ángulo de la hélice del engranaje (espiral)	deg
δ : ángulo de paso del engranaje cónico	deg

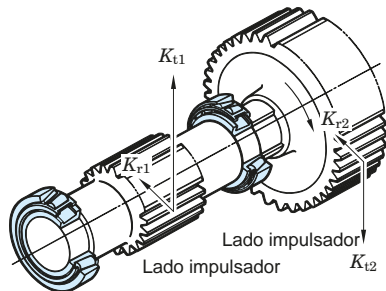


Fig. 5-7 Carga en engranajes rectos

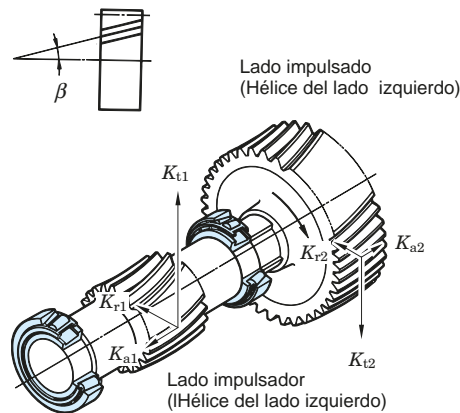


Fig. 5-8 Carga en engranajes rectos

	b) Carga radial (fuerza de separación) K_r	c) Carga axial (fuerza axial) K_a
Engranajes rectos	$K_r = K_t \tan \alpha \dots\dots\dots (5-15)$	0
Engranajes helicoidales	$K_r = K_t \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \dots\dots\dots (5-16)$	$K_a = K_t \tan \beta \dots\dots\dots (5-22)$
Engranajes helicoidales dobles	$K_r = K_t \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \dots\dots\dots (5-17)$	0
Engranajes cónicos rectos	Lado impulsador $K_{r1} = K_t \tan \alpha \cos \delta_1 \dots\dots\dots (5-18)$ Lado impulsado $K_{r2} = K_t \tan \alpha \cos \delta_2 \dots\dots\dots (5-19)$	$K_{a1} = K_t \tan \alpha \sin \delta_1 \dots\dots\dots (5-23)$ $K_{a2} = K_t \tan \alpha \sin \delta_2 \dots\dots\dots (5-24)$
Engranajes cónicos helicoidales	Lado impulsador $K_{r1} = \frac{K_t}{\cos \beta} (\tan \alpha \cos \delta_1 \pm \sin \beta \sin \delta_1) \dots\dots\dots (5-20)$ Lado impulsado $K_{r2} = \frac{K_t}{\cos \beta} (\tan \alpha \cos \delta_2 \mp \sin \beta \sin \delta_2) \dots\dots\dots (5-21)$	$K_{a1} = \frac{K_t}{\cos \beta} (\tan \alpha \sin \delta_1 \mp \sin \beta \cos \delta_1) \dots\dots\dots (5-25)$ $K_{a2} = \frac{K_t}{\cos \beta} (\tan \alpha \sin \delta_2 \pm \sin \beta \cos \delta_2) \dots\dots\dots (5-26)$

[Notas] 1) Los códigos con los subíndices 1 y 2 mostrados en las ecuaciones son aplicables a los engranajes laterales de accionamiento y a los engranajes laterales accionados.

2) Los símbolos (+) y (-) indican lo siguiente:

Simbolos en la fila superior : rotación en sentido horario acompañada por espiral a la derecha o en sentido antihorario con hélice al lado izquierdo
Simbolos en la fila inferior : rotación en sentido contrario a las agujas del reloj con espiral la derecha o en sentido horario con hélice al lado izquierdo

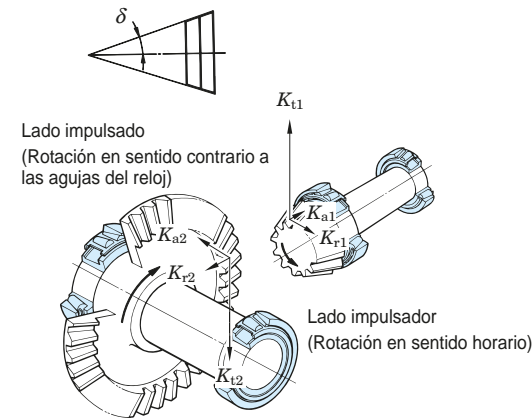


Fig. 5-9 Carga en engranajes cónicos rectos

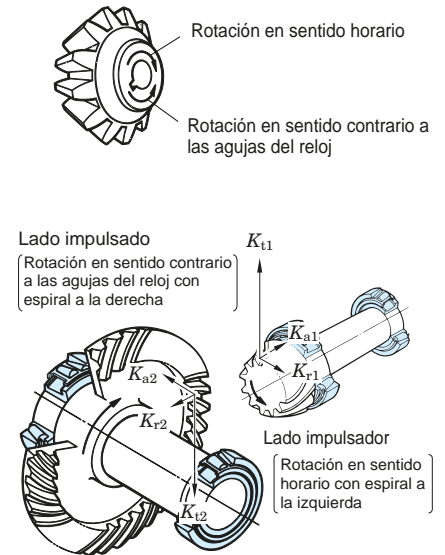


Fig. 5-10 Carga en engranajes cónicos en espiral

5-3-4 Distribución de la carga en los rodamientos

La distribución de la carga que afecta a los rodamientos se puede calcular de la siguiente manera: primero, se calculan los componentes de la fuerza radial, luego se obtiene la suma de los vectores de los componentes de acuerdo con la dirección de la carga.

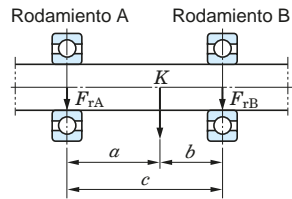
Los ejemplos de cálculo de distribución de carga radial se describen en la siguiente sección.

[Observación]

Los rodamientos mostrados en Ejs. 3 a 5 son afectados por los componentes de fuerza axial cuando estos rodamientos soportan carga radial y carga axial (K_a) que se transfiere externamente, es decir, a partir de engranajes.

Para el cálculo de la carga axial en este caso, consulte la página A 38.

Ejemplo 1 Cálculo fundamental (1)

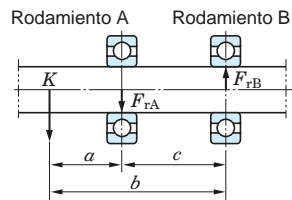


$$F_{rA} = \frac{b}{c} K$$

$$F_{rB} = \frac{a}{c} K$$

..... (5-27)

Ejemplo 2 Cálculo fundamental (2)

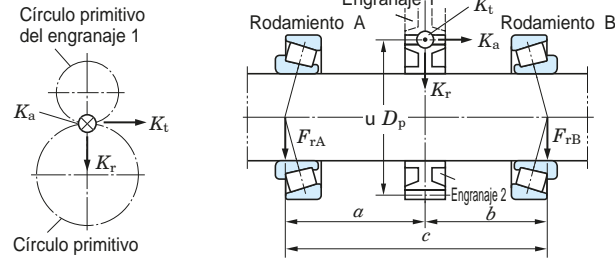


$$F_{rA} = \frac{b}{c} K$$

$$F_{rB} = \frac{a}{c} K$$

..... (5-28)

Ejemplo 3 Distribución de la carga del engranaje (1)

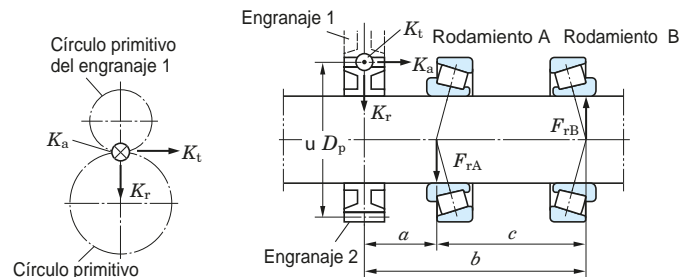


$$F_{rA} = \sqrt{\left(\frac{b}{c} K_t\right)^2 + \left(\frac{b}{c} K_r - \frac{D_p}{2c} K_a\right)^2}$$

$$F_{rB} = \sqrt{\left(\frac{a}{c} K_t\right)^2 + \left(\frac{a}{c} K_r + \frac{D_p}{2c} K_a\right)^2}$$

..... (5-29)

Ejemplo 4 Distribución de la carga del engranaje (2)



$$F_{rA} = \sqrt{\left(\frac{b}{c} K_t\right)^2 + \left(\frac{b}{c} K_r - \frac{D_p}{2c} K_a\right)^2}$$

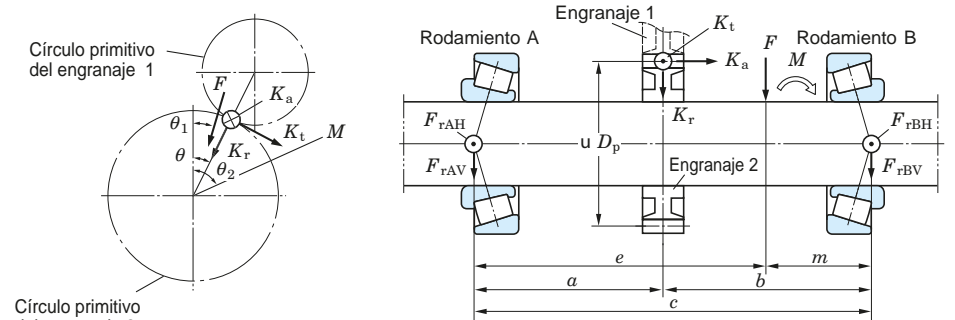
$$F_{rB} = \sqrt{\left(\frac{a}{c} K_t\right)^2 + \left(\frac{a}{c} K_r - \frac{D_p}{2c} K_a\right)^2}$$

..... (5-30)

Descripción de los signos en los ejemplos 1 a 5

F_{rA} : carga radial en rodamiento A	N	D_p : diámetro del círculo primitivo del engranaje	mm
F_{rB} : carga radial en rodamiento B	N	⊙ : Indica la dirección de la carga (hacia arriba perpendicular a la superficie del papel)	
K : carga del eje	N	⊗ : indica la dirección de la carga (hacia abajo perpendicular a la superficie del papel)	
K_t, K_r, K_a : carga del engranaje (ref. A 34)	N		

Ejemplo 5 Aplicación simultánea de carga de engranajes y otra carga



Los engranajes 1 y 2 están acoplados entre sí en el ángulo θ . la carga externa F , momento M , se aplica a estos engranajes en los ángulos θ_1 y θ_2 .

* Fuerza radial de componente perpendicular (hacia arriba y hacia abajo a lo largo del diagrama)

$$F_{rAV} = \frac{b}{c} (K_r \cos \theta + K_t \sin \theta) - \frac{D_p}{2c} K_a \cos \theta + \frac{m}{c} F \cos \theta_1 - \frac{M}{c} \cos \theta_2$$

$$F_{rBV} = \frac{a}{c} (K_r \cos \theta + K_t \sin \theta) + \frac{D_p}{2c} K_a \cos \theta + \frac{e}{c} F \cos \theta_1 + \frac{M}{c} \cos \theta_2$$

* Fuerza radial del componente horizontal (hacia arriba y hacia abajo perpendicular al diagrama)

$$F_{rAH} = \frac{b}{c} (K_r \sin \theta - K_t \cos \theta) - \frac{D_p}{2c} K_a \sin \theta + \frac{m}{c} F \sin \theta_1 - \frac{M}{c} \sin \theta_2$$

$$F_{rBH} = \frac{a}{c} (K_r \sin \theta - K_t \cos \theta) + \frac{D_p}{2c} K_a \sin \theta + \frac{e}{c} F \sin \theta_1 + \frac{M}{c} \sin \theta_2$$

■ Fuerza radial combinada

$$F_{rA} = \sqrt{F_{rAV}^2 + F_{rAH}^2}$$

$$F_{rB} = \sqrt{F_{rBV}^2 + F_{rBH}^2}$$

(5-31) (Cuando θ, F , y M son cero, el mismo resultado que en el Ej. 3 es obtenido)

5-4 Carga dinámica equivalente

Los rodamientos se utilizan en diversas condiciones de funcionamiento. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los rodamientos reciben la carga radial y axial combinada, mientras que la magnitud de la carga fluctúa durante el funcionamiento.

Por lo tanto, es imposible comparar directamente la carga real y la carga dinámica básica.

Los dos se comparan reemplazando las cargas aplicadas al centro del eje con una magnitud constante y en una dirección específica, que produce la misma vida útil de los rodamientos que la carga real a la de velocidad de rotación.

Esta carga teórica se denomina carga dinámica equivalente (P).

5-4-1 Cálculo de la carga dinámica equivalente

Las cargas dinámicas equivalentes para rodamientos radiales y rodamientos axiales ($\alpha \neq 90^\circ$) que reciben una carga combinada de una magnitud constante en una dirección específica se pueden calcular usando la siguiente ecuación,

$$P = XF_r + YF_a \dots\dots\dots (5-32)$$

Donde :

- P : carga dinámica equivalente N
- $\left(\begin{array}{l} \text{para rodamientos radiales,} \\ P_r : \text{carga radial dinámica equivalente} \\ \text{para rodamientos axiales,} \\ P_a : \text{carga axial dinámica equivalente} \end{array} \right)$
- F_r : carga radial N
- F_a : carga axial N
- X : factor de carga radial
- Y : factor de carga axial

(Los valores de X y Y se enumeran en la tabla de especificaciones de los rodamientos).

■ Cuando $F_a/F_r \leq e$ para rodamientos radiales de una hilera, se toma que $X = 1$, and $Y = 0$. por lo tanto, la capacidad de carga dinámica equivalente es $P_r = F_r$.

$\left(\begin{array}{l} \text{Los valores de } e, \text{ que designa el límite de} \\ F_a/F_r, \text{ se enumeran en la tabla de} \\ \text{especificación de los rodamientos.} \end{array} \right)$

■ Para rodamientos de una sola hilera de bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos, se generan fuerzas de componente axial (F_{ac}) como se muestra en la Fig. 5-11, por lo tanto un par de rodamientos está dispuesto cara a cara o espalda con espalda.

La fuerza del componente axial se puede calcular usando la siguiente ecuación.

$$F_{ac} = \frac{F_r}{2Y} \dots\dots\dots (5-33)$$

La Tabla 5-9 describe el cálculo de la carga dinámica equivalente cuando se aplican cargas radiales y cargas axiales externas (K_a) a los rodamientos.

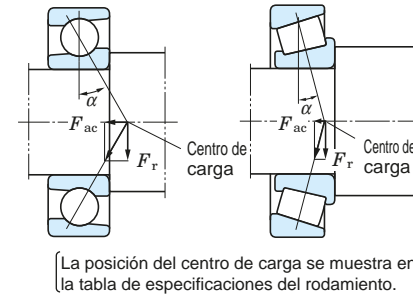


Fig. 5-11 Fuerza del componente axial

■ Para un rodamiento axial de bolas con ángulo $\alpha = 90^\circ$, al que se le aplica una carga axial, $P_a = F_a$.

■ La carga dinámica equivalente del rodamiento axial de rodillos esféricos se puede calcular utilizando la siguiente ecuación.

$$P_a = F_a + 1.2 F_r \dots\dots\dots (5-34)$$

Donde : $F_r/F_a \leq 0.55$

Tabla 5-9 Cálculo de la carga dinámica equivalente: cuando un par de rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera o rodamientos de rodillos cónicos se dispone cara a cara o espalda con espalda.

Montaje apareado		Condición de carga	Rodamiento	Carga axial	Carga dinámica equivalente
Disposición espalda a espalda	Disposición cara a cara				
		$\frac{F_{rB}}{2Y_B} + K_a \geq \frac{F_{rA}}{2Y_A}$	Rodamiento A	$\frac{F_{rB}}{2Y_B} + K_a$	$P_A = XF_{rA} + Y_A \left(\frac{F_{rB}}{2Y_B} + K_a \right)$
			Rodamiento B	—	$P_B = F_{rB}$
		$\frac{F_{rB}}{2Y_B} + K_a < \frac{F_{rA}}{2Y_A}$	Rodamiento A	—	$P_A = F_{rA}$
			Rodamiento B	$\frac{F_{rA}}{2Y_A} - K_a$	$P_B = XF_{rB} + Y_B \left(\frac{F_{rA}}{2Y_A} - K_a \right)$
		$\frac{F_{rB}}{2Y_B} \geq \frac{F_{rA}}{2Y_A} + K_a$	Rodamiento A	—	$P_A = F_{rA}$
			Rodamiento B	$\frac{F_{rA}}{2Y_A} + K_a$	$P_B = XF_{rB} + Y_B \left(\frac{F_{rA}}{2Y_A} + K_a \right)$
		$\frac{F_{rB}}{2Y_B} < \frac{F_{rA}}{2Y_A} + K_a$	Rodamiento A	$\frac{F_{rB}}{2Y_B} - K_a$	$P_A = XF_{rA} + Y_A \left(\frac{F_{rB}}{2Y_B} - K_a \right)$
			Rodamiento B	—	$P_B = F_{rB}$

[Observaciones] 1. Estas ecuaciones pueden utilizarse cuando el juego interno y la precarga durante el funcionamiento son cero.
2. La carga radial se trata como positiva en el cálculo, si se aplica en una dirección opuesta a la mostrada en la Fig. de la Tabla 5-9.

5-4-2 Carga dinámica equivalente promedio

Cuando la magnitud o la dirección de la carga varía, es necesario calcular la carga dinámica equivalente promedio, que proporciona la misma duración de la vida útil de los rodamientos que la de la fluctuación real de la carga.

La carga dinámica equivalente promedio (P_m) bajo diferentes fluctuaciones de carga se describe usando los Gráficos (1) a (4).

Como se muestra en el Gráfico (5), se puede obtener la carga dinámica equivalente promedio bajo carga estacionaria y giratoria aplicadas simultáneamente mediante la ecuación (5-39).

(1) Fluctuación escalonada	(2) Fluctuación sin escalonamiento	(3) Fluctuación que forma la curva sinusoidal	(4) Fluctuación que forma la curva sinusoidal (Mitad superior de la curva sinusoidal)
$P_m = \sqrt[p]{\frac{P_1^p n_1 t_1 + P_2^p n_2 t_2 + \dots + P_n^p n_n t_n}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}} \quad \dots\dots\dots (5-35)$	$P_m = \frac{P_{\min} + 2 P_{\max}}{3} \quad \dots\dots\dots (5-36)$	$P_m = 0.68 P_{\max} \quad \dots\dots\dots (5-37)$	$P_m = 0.75 P_{\max} \quad \dots\dots\dots (5-38)$

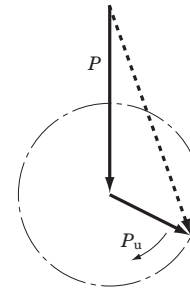
Símbolos para gráficos (1) to (4)

P_m : Carga dinámica equivalente promedio	N
P_1 : Carga dinámica equivalente aplicada durante t_1 horas a velocidad de rotación n_1	N
P_2 : Carga dinámica equivalente aplicada durante t_2 horas a velocidad de rotación n_2	N
\vdots	\vdots
P_n : Carga dinámica equivalente aplicada durante t_n horas a velocidad de rotación n_n	N
P_{\min} : Carga dinámica equivalente mínima	N
P_{\max} : Carga dinámica equivalente máxima	N
$\Sigma n_i t_i$: rotación total en (t_1 a t_i) horas	
p : para rodamientos de bolas, $p = 3$	
para rodamientos de rodillos, $p = 10/3$	

[Referencia] La velocidad de rotación media n_m puede ser calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$n_m = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

(5) Carga fija y carga rotativa actuando simultáneamente



$$P_m = f_m (P + P_u) \quad \dots\dots\dots (5-39)$$

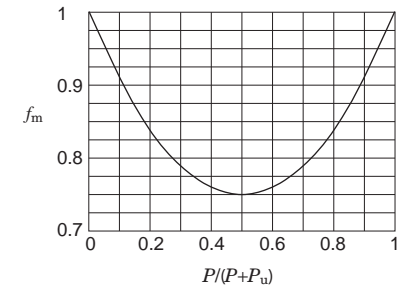


Fig. 5-12 Coeficiente f_m

donde :

P_m : Carga dinámica equivalente promedio	N
f_m : coeficiente (ver. Fig. 5-12)	
P : Carga estacionaria	N
P_u : Carga giratoria	N

5-5 Capacidad de carga estática básica y carga estática equivalente

5-5-1 Capacidad de carga estática básica

Una carga estática excesiva o una carga de impacto incluso a una rotación muy baja provoca una deformación parcial permanente del elemento rodante y de las superficies de contacto de la pista de rodadura. Esta deformación permanente aumenta con la carga; si supera un cierto límite, la rotación suave será obstaculizada.

La capacidad de carga estática básica es la carga estática que responde a la tensión de contacto calculada que se muestra a continuación, en el centro de contacto entre el camino de rodadura y los elementos rodantes que reciben la carga máxima.

* Rodamientos de bolas autoalineables... 4 600 MPa

* Otros rodamientos de bolas 4 200 MPa

* Rodamientos de rodillos 4 000 MPa

La extensión total de la deformación permanente causada por el esfuerzo de contacto sobre las superficies de los elementos rodantes y la pista de rodadura será aproximadamente 0,000 1 veces mayor que el diámetro del elemento rodante.

La capacidad de carga estática básica para rodamientos radiales se especifica como la capacidad de carga radial estática básica, y para los rodamientos axiales, como la capacidad de carga axial estática básica. Estas capacidades de carga están listadas en la tabla de especificaciones de los rodamientos, usando C_{0r} y C_{0a} respectivamente.

Estos valores están prescritos por la ISO 78/1987 y están sujetos a los cambios de conformidad con las normas ISO más recientes.

5-5-2 Carga estática equivalente

La carga estática equivalente es una carga teórica calculada de tal manera que, durante la rotación a muy baja velocidad o cuando los rodamientos están parados, se genera la misma tensión de contacto que la impuesta en la condición de carga real en el centro de contacto entre la pista y el elemento rodante a la que se aplica la carga máxima.

Para los rodamientos radiales, la carga radial que pasa a través del centro del rodamiento se utiliza para el cálculo; Para los rodamientos axiales, se utiliza una carga axial en una dirección a lo largo del eje del rodamiento.

La carga estática equivalente se puede calcular utilizando las siguientes ecuaciones.

[Rodamientos radiales]

...El mayor valor obtenido de las dos ecuaciones siguientes es el que se utiliza.

$$P_{0r} = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad (5-40)$$

$$P_{0r} = F_r \quad (5-41)$$

[Rodamientos axiales]

($\alpha \neq 90^\circ$)

$$P_{0a} = X_0 F_r + F_a \quad (5-42)$$

[Donde $F_a < X_0 F_r$, la solución se vuelve menos precisa.]

($\alpha = 90^\circ$)

$$P_{0a} = F_a \quad (5-43)$$

donde :

P_{0r} : carga radial equivalente estática N

P_{0a} : carga axial equivalente estática N

F_r : carga radial N

F_a : carga axial N

X_0 : factor de carga radial estático

Y_0 : factor de carga axial estático

(los valores de X_0 y Y_0 se enumeran en la tabla de especificaciones de los rodamientos.)

5-5-3 Coeficiente de seguridad

La carga estática equivalente permitida para un rodamiento está determinada por la carga estática básica del rodamiento; sin embargo, la vida útil del rodamiento, que se ve afectada por una deformación permanente, difiere de acuerdo con el rendimiento requerido del rodamiento y las condiciones de operación.

Por lo tanto, se designa un coeficiente de seguridad, basado en datos empíricos, para garantizar la seguridad en relación con la carga estática básica.

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} \quad (5-44)$$

donde :

f_s : Coeficiente de seguridad (ref. Tabla 5-10)

C_0 : Capacidad de carga estática básica N

P_0 : Carga estática equivalente N

Tabla 5-10 Valores del coeficiente de seguridad f_s

Condición de uso		f_s (min.)	
		Rodamiento de bolas	Rodamiento de rodillos
Con rotación del rodamiento	Cuando se requiere alta precisión	2	3
	Operación normal	1	1.5
	Cuando el impacto de la carga es aplicado	1.5	3
Sin rotación del rodamiento	Operación normal	0.5	1
	(Oscilación ocasional) Cuando se aplica carga de impacto o carga de distribución irregular	1	2

[Observación] Para rodamiento axial de rodillo esféricos, $f_s \geq 4$.

5-6 Carga axial admisible para rodamientos de rodillos cilíndricos

Los rodamientos cuyos aros interior y exterior se componen de una pestaña o aro separable pueden acomodar una cierta magnitud de carga axial, así como carga radial. En tales casos, la capacidad de carga axial se controla por el estado de los rodillos, la capacidad de carga de la pestaña o del aro separable, la lubricación, la velocidad de rotación, etc.

Para ciertos usos especiales, un diseño está disponible para acomodar cargas axiales muy pesadas. En general, las cargas axiales permitidas para rodamientos de rodillos cilíndricos se pueden calcular usando la siguiente ecuación, que se basan en datos empíricos.

$$F_{ap} = 9.8 f_a \dot{a} f_b \dot{a} f_p \dot{a} d_m^2 \dots\dots\dots (5-45)$$

donde :

F_{ap} : Carga axial máxima permitida N

f_a : Coeficiente determinado a partir de la condición de la carga (Tabla 5-11)

f_b : Coeficiente determinado a partir de la serie del diámetro del rodamiento (Tabla 5-12)

f_p : Coeficiente de presión superficial de las pestañas (Fig. 5-13)

d_m : Valor medio del diámetro del agujero d y diámetro exterior D mm

$$\left(\frac{d + D}{2} \right)$$

Tabla 5-11 Valores del coeficiente determinados a partir de la condición de la carga f_a

Condiciones de carga	f_a
Carga continua	1
Carga intermitente	2
Carga instantánea	3

Tabla 5-12 Valores del coeficiente determinados a partir de la serie del diámetro del rodamiento f_b

Serie de diámetros	f_b
9	0.6
0	0.7
2	0.8
3	1.0
4	1.2

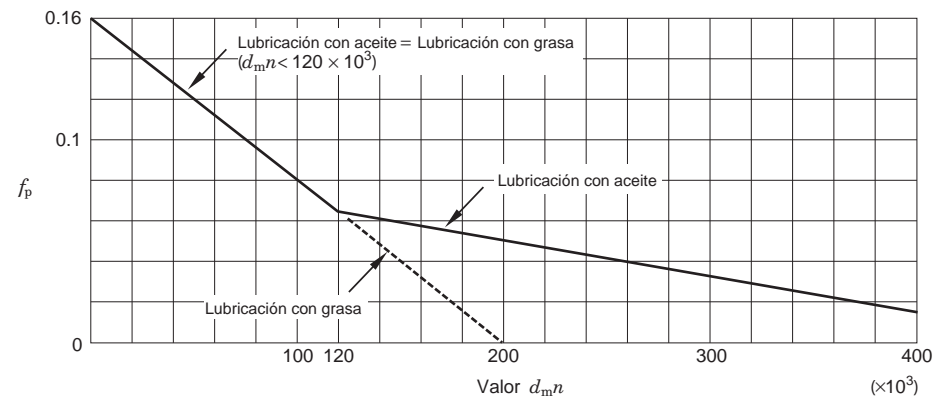
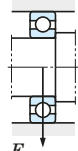
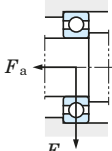


Fig. 5-13 Relación entre el coeficiente de presión superficial de la pestaña f_p y el valor $d_m n$ (n : velocidad rotacional, min^{-1})

5-7 Ejemplos de aplicación del cálculo

[Ejemplo 1] vida útil del rodamiento (tiempo) con 90 % fiabilidad	[Ejemplo 2] vida útil del rodamiento (tiempo) con 96 % fiabilidad
<p>(Condiciones)</p> <p>Rodamiento rígido de bolas : 6308</p> <p>Carga radial $F_r = 3\,500\text{ N}$</p> <p>Carga axial no aplicada ($F_a = 0$)</p> <p>Velocidad rotacional $n = 800\text{ min}^{-1}$</p> 	<p>(Condiciones)</p> <p>Rodamiento rígido de bolas : 6308</p> <p>Carga radial $F_r = 3\,500\text{ N}$</p> <p>Carga axial $F_a = 1\,000\text{ N}$</p> <p>Velocidad rotacional $n = 800\text{ min}^{-1}$</p> 
<p>① La capacidad de la carga dinámica básica (C_r) se obtiene de la tabla de especificaciones de los rodamientos.</p> $C_r = 50.9\text{ kN}$ <p>② La carga radial dinámica equivalente (P_r) es calculada utilizando la ecuación (5-32).</p> $P_r = F_r = 3\,500\text{ N}$ <p>③ La vida útil del rodamiento (L_{10h}) es calculada utilizando la ecuación (5-2).</p> $L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$ $= \frac{10^6}{60 \times 800} \times \left(\frac{50.9 \times 10^3}{3\,500} \right)^3 \approx \underline{64\,100\text{ h}}$	<p>① De la tabla de especificación de los rodamientos ;</p> <p>* El factor de carga básica se obtiene de (C_r, C_{0r}) f_0</p> $C_r = 50.9\text{ kN}$ $C_{0r} = 24.0\text{ kN}$ $f_0 = 13.2$ <p>* Los valores X y Y se obtienen comparando el valor e, calculado a partir del valor $f_0 F_a / C_{0r}$ mediante interpolación proporcional, con valor $f_0 F_a / F_r$.</p> $\frac{f_0 F_a}{C_{0r}} = \frac{13.2 \times 1\,000}{24.0 \times 10^3} = 0.550$ $e = 0.22 + (0.26 - 0.22) \times \frac{(0.550 - 0.345)}{(0.689 - 0.345)}$ $= 0.24$ $\frac{F_a}{F_r} = \frac{1\,000}{3\,500} = 0.29 > e$ <p>El resultado es,</p> $X = 0.56$ $Y = 1.99 - (1.99 - 1.71) \times \frac{(0.550 - 0.345)}{(0.689 - 0.345)}$ $= 1.82$ <p>② La carga dinámica equivalente (P_r) se obtiene utilizando la ecuación (5-32).</p> $P_r = XF_r + YF_a$ $= (0.56 \times 3\,500) + (1.82 \times 1\,000) = 3\,780\text{ N}$ <p>③ La vida útil con un 90 % de fiabilidad (L_{10h}) se obtiene utilizando la ecuación (5-2).</p> $L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$ $= \frac{10^6}{60 \times 800} \times \left(\frac{50.9 \times 10^3}{3\,780} \right)^3 \approx \underline{50\,900\text{ h}}$

[Ejemplo 3] Cálculo del factor a_{ISO} con las condiciones del Ejemplo 2
<p>(Condiciones)</p> <p>Lubricación con aceite</p> <p>(Aceite que ha sido filtrado por un filtro fino)</p> <p>Temperatura de funcionamiento 70°C</p> <p>96 % fiabilidad</p> <p>④ Selección del aceite lubricante</p> <p>A partir de la tabla de especificaciones de los rodamientos, se obtiene el diámetro primitivo $D_{pw} = (40 + 90)/2 = 65$ $d_{mn} = 65 \times 800 = 52\,000$. Por lo tanto, seleccione VG 68 de la Tabla 12-7, p. A 127.</p> <p>⑤ Cálculo del factor a_{ISO}</p> <p>La temperatura de funcionamiento es 70°C, de acuerdo con la Fig. 12-3, pág. A 127, la viscosidad cuando esta en funcionamiento es $v = 20\text{ mm}^2/\text{s}$. De acuerdo con la Fig. A, $v_1 = 21.7\text{ mm}^2/\text{s}$</p> $\kappa = v/v_1 = 20/21.7 = 0.92$ <p>El aceite ha sido filtrado por un filtro fino, por lo que la Tabla 5-4 muestra que e_c es 0.5 a 0.6.</p> <p>Para estimar rigurosamente el valor, $e_c = 0.5$.</p> $\frac{e_c \cdot C_u}{P} = \frac{0.5 \times 1\,850}{3\,780} = 0.24$ <p>Por lo tanto, según la Fig. B</p> $a_{ISO} = 7.7$ <p>⑥ La vida útil con un 96% de fiabilidad (L_{nm}) se obtiene utilizando la ecuación (5-8).</p> <p>Según la tabla 5-3, $a_1 = 0.55$.</p> $L_{4m} = a_1 a_{ISO} L_{10} = 0.55 \times 7.7 \times 50\,900 \approx 216\,000\text{ h}$

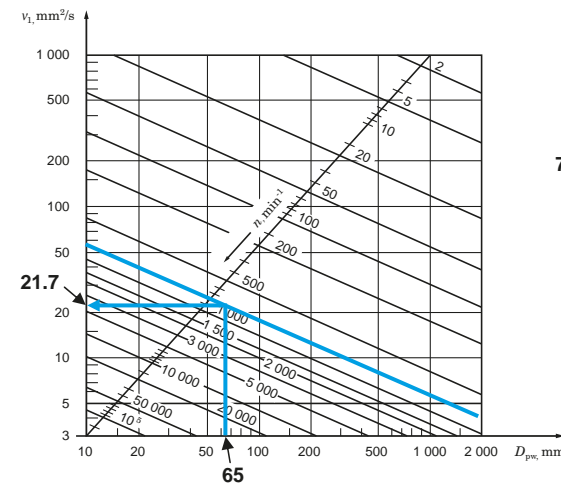


Fig. A

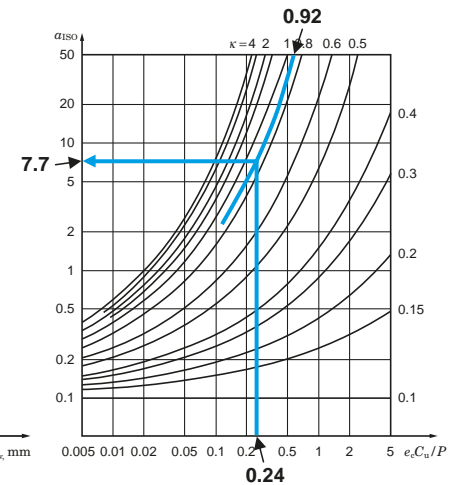
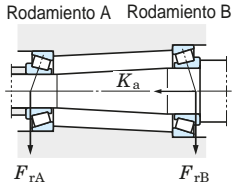


Fig. B

El factor a_{ISO} también se puede calcular en nuestro sitio web.

[Ejemplo 4] Vida útil del rodamiento (revoluciones totales)

(Condiciones)
Rodamientos de rodillos cónicos
Rodamiento A : 30207 JR
Rodamineto B : 30209 JR
Carga radial $F_{rA} = 5\,200\text{ N}$
 $F_{rB} = 6\,800\text{ N}$
Carga axial $K_a = 1\,600\text{ N}$



- ① A partir de la tabla de especificaciones de los rodamientos, se obtienen las siguientes especificaciones.

	Capacidad de carga dinámica básica (C_r)	e	$X^{(1)}$	$Y^{(1)}$
Rodamiento A	68.8 kN	0.37	0.4	1.60
Rodamiento B	83.9 kN	0.40	0.4	1.48

[Nota] 1) Estos valores son usados, cuando $F_a/F_r > e$, donde $F_a/F_r \leq e$, $X = 1$, $Y = 0$.

- ② La carga axial aplicada a los ejes debe ser calculada considerando el hecho de que se genera un componente de la fuerza en la dirección axial cuando se aplica carga radial a los rodamientos de rodillos cónicos. (Véase la ecuación 5-33, Tabla 5-9)

$$\frac{F_{rA}}{2 Y_A} + K_a = \frac{5\,200}{2 \times 1.60} + 1\,600 = 3\,225\text{ N}$$

$$\frac{F_{rB}}{2 Y_B} = \frac{6\,800}{2 \times 1.48} = 2\,297\text{ N}$$

Por consiguiente, la carga axial $\frac{F_{rA}}{2 Y_A} + K_a$ es aplicada al rodamiento B.

- ③ La carga dinámica equivalente (P_r) se obtiene de la Tabla 5-9.

$$P_{rA} = F_{rA} = 5\,200\text{ N}$$

$$P_{rB} = XF_{rB} + Y_B \left(\frac{F_{rA}}{2 Y_A} + K_a \right)$$

$$= 0.4 \times 6\,800 + 1.48 \times 3\,225 = 7\,493\text{ N}$$

- ④ Cada vida útil del rodamiento (L_{10}) es calculada utilizando la ecuación (5-1).

$$L_{10A} = \left(\frac{C_{rA}}{P_{rA}} \right)^{10/3} = \left(\frac{68.8 \times 10^3}{5\,200} \right)^{10/3}$$

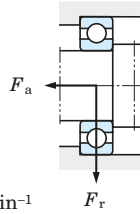
$$\approx 5\,480 \times 10^6 \text{ revoluciones}$$

$$L_{10B} = \left(\frac{C_{rB}}{P_{rB}} \right)^{10/3} = \left(\frac{83.9 \times 10^3}{7\,493} \right)^{10/3}$$

$$\approx 3\,140 \times 10^6 \text{ revoluciones}$$

[Ejemplo 5] Selección del tamaño del rodamiento

(Condiciones)
Rodamiento rígido de bolas :
62 series
Vida útil requerida :
mas de 10 000 h
Carga radial $F_r = 2\,000\text{ N}$
Carga axial $F_a = 300\text{ N}$
Velocidad rotacional $n = 1\,600\text{ min}^{-1}$



- ① La carga dinámica equivalente (P_r) se calcula hipotéticamente.

El valor resultante, $F_a/F_r = 300/2\,000 = 0.15$,

Es menor que cualquier otro valor de e en la tabla de especificaciones de rodamientos.

Por lo tanto, JTEKT puede considerar que $P_r = F_r = 2\,000\text{ N}$.

- ② La capacidad de carga dinámica básica requerida (C_r) se calcula de acuerdo con la ecuación (5-4).

$$C_r = P_r \left(L_{10h} \times \frac{60n}{10^6} \right)^{1/p}$$

$$= 2\,000 \times \left(10\,000 \times \frac{60 \times 1\,600}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$= 19\,730\text{ N}$$

- ③ Entre lo cubierto por la tabla de especificaciones de los rodamientos, el rodamiento de la serie 62 con C_r superior a 19 730 N es 6205 R, con diámetro del agujero de 25 mm.

- ④ La carga dinámica equivalente obtenida en la etapa ① se confirma obteniendo el valor e para 6205 R.

Donde C_{0r} de 6205 R es 9.3 kN, y f_0 is 12.8

$$f_0 F_a / C_{0r} = 12.8 \times 300 / 9\,300 = 0.413$$

Entonces, el valor e puede calcularse mediante interpolación proporcional.

$$e = 0.22 + (0.26 - 0.22) \times \frac{(0.413 - 0.345)}{(0.689 - 0.345)}$$

$$= 0.23$$

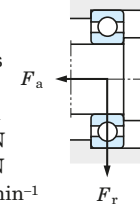
Como resultado, se puede confirmar que

$$F_a/F_r = 0.15 < e.$$

Por lo tanto, $P_r = F_r$.

[Ejemplo 6] Selección del tamaño del rodamiento

(Condiciones)
Rodamiento rígido de bolas :
63 series
Vida útil requerida :
mas de 15 000 h
Carga radial $F_r = 4\,000\text{ N}$
Carga axial $F_a = 2\,400\text{ N}$
Velocidad rotacional $n = 1\,000\text{ min}^{-1}$



- ① La carga dinámica equivalente hipotética (P_r) es calculada:

Puesto que $F_a/F_r = 2\,400/4\,000 = 0.6$ es mucho mayor que el valor e especificado en la tabla de especificaciones de los rodamientos, sugiere que la carga axial afecta a la carga dinámica equivalente.

Por lo tanto, suponiendo que $X = 0.56$, $Y = 1.6$

(Valor medio aproximado de Y), utilizando la ecuación (5-32),

$$P_r = XF_r + YF_a = 0.56 \times 4\,000 + 1.6 \times 2\,400$$

$$= 6\,080\text{ N}$$

- ② Utilizando la ecuación (5-4), la carga dinámica básica requerida (C_r) es :

$$C_r = P_r \left(L_{10h} \times \frac{60n}{10^6} \right)^{1/p}$$

$$= 6\,080 \times \left(15\,000 \times \frac{60 \times 1\,000}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$= 58\,700\text{ N}$$

- ③ A partir de la tabla de especificaciones de los rodamientos, se selecciona un 6309 con un diámetro de agujero de 45 mm como rodamiento de la serie 63 con C_r superior a 58 700 N.

- ④ La carga dinámica equivalente y la vida útil nominal básica se confirman, calculando el valor e para un 6309.

Los valores obtenidos mediante la interpolación proporcional son:

$$\text{Donde } f_0 F_a / C_{0r} = 13.3 \times 2\,400 / 29\,500 = 1.082$$

$$e = 0.283, Y = 1.54.$$

Así, $F_a/F_r = 0.6 > e$.

Utilizando los valores resultantes, la carga dinámica equivalente y la vida útil nominal se pueden calcular de la siguiente manera:

$$P_r = XF_r + YF_a$$

$$= 0.56 \times 4\,000 + 1.54 \times 2\,400 = 5\,940\text{ N}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^p$$

$$= \frac{10^6}{60 \times 1\,000} \times \left(\frac{61.1 \times 10^3}{5\,940} \right)^3 \approx 18\,100\text{ h}$$

- ⑤ La vida útil básica del 6308, utilizando los mismos pasos, es:

$$L_{10h} \approx 11\,500\text{ h, que no satisface el requisito de vida útil.}$$

[Ejemplo 7] Cálculo de la carga axial permitida para rodamientos de rodillos cilíndricos

(Condiciones)
Rodamiento de una hilera de rodillos cilíndricos : NUP 310
Velocidad rotacional $n = 1\,500\text{ min}^{-1}$
Lubricación con aceite
La carga axial se aplica intermitentemente.

- ① Utilizando la tabla de especificaciones de los rodamientos, el valor d_m para el NUP 310 puede ser calculado de la siguiente manera :

$$d_m = \frac{d + D}{2} = \frac{50 + 110}{2} = 80\text{ mm}$$

- ② Cada coeficiente utilizado en la ecuación (5-45).

A partir de los valores listados en la Tabla 5-11, el coeficiente f_a relacionado con la carga intermitente es : $f_a = 2$

A partir de los valores listados en la Tabla 5-12, el coeficiente f_b relacionado con la serie de diámetros 3 es : $f_b = 1.0$

De acuerdo con la Fig. 5-13, el coeficiente f_p para la presión superficial permitida de las pestañas, relacionado con

$$d_m n = 80 \times 1\,500 = 12 \times 10^4, \text{ is : } f_p = 0.062$$

- ③ Utilizando la ecuación (5-45), la carga axial permitida F_{ap} es :

$$F_{ap} = 9.8 f_a \cdot f_b \cdot f_p \cdot d_m^2$$

$$= 9.8 \times 2 \times 1.0 \times 0.062 \times 80^2$$

$$\approx 7\,780\text{ N}$$

[Ejemplo 8] Cálculo de la vida útil de los rodamientos de un eje con engranajes rectos

(Condiciones)

Rodamientos de rodillos cónicos

Rodamiento A : 32309 JR

Rodamiento B : 32310 JR

Tipo de engranaje: engranaje recto (normalmente mecanizado)

Ángulo de presión del engranaje $\alpha_1 = \alpha_2 = 20^\circ$

Diámetro primitivo del engranaje $D_{p1} = 360$ mm

$D_{p2} = 180$ mm

Potencia de la transmisión $W = 150$ kW

Velocidad rotacional $n = 1\,000$ min⁻¹

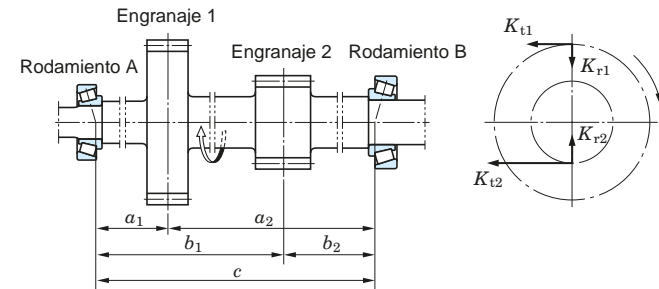
Estado de funcionamiento: acompañado de impacto

Ubicaciones de instalación

$a_1 = 95$ mm, $a_2 = 265$ mm,

$b_1 = 245$ mm, $b_2 = 115$ mm,

$c = 360$ mm



- ① Utilizando las ecuaciones (5-14) y (5-15), se calculan las cargas teóricas aplicadas a los engranajes (carga tangencial, K_t ; carga radial, K_r).

[Engranaje 1]

$$K_{t1} = \frac{19.1 \times 10^6 W}{D_p n} = \frac{19.1 \times 10^6 \times 150}{360 \times 1\,000} = 7\,958 \text{ N}$$

$$K_{r1} = K_{t1} \tan \alpha_1 = 2\,896 \text{ N}$$

[Engranaje 2]

$$K_{t2} = \frac{19.1 \times 10^6 \times 150}{180 \times 1\,000} = 15\,917 \text{ N}$$

$$K_{r2} = K_{t2} \tan \alpha_2 = 5\,793 \text{ N}$$

- ② Se calcula la carga radial aplicada al rodamiento, donde el coeficiente de carga se determina como $f_w = 1.5$ de la Tabla 5-6 y el coeficiente de engranaje como $f_g = 1.2$ de la Tabla 5-8.

[Rodamiento A]

* La carga constituida por K_{t1} y K_{t2} es :

$$K_{tA} = f_w f_g \left(\frac{a_2}{c} K_{t1} + \frac{b_2}{c} K_{t2} \right) = 1.5 \times 1.2 \times \left(\frac{265}{360} \times 7\,958 + \frac{115}{360} \times 15\,917 \right) = 19\,697 \text{ N}$$

* La carga constituida por K_{r1} y K_{r2} es :

$$K_{rA} = f_w f_g \left(\frac{a_2}{c} K_{r1} - \frac{b_2}{c} K_{r2} \right) = 1.5 \times 1.2 \times \left(\frac{265}{360} \times 2\,896 - \frac{115}{360} \times 5\,793 \right) = 506 \text{ N}$$

- * Combinando las cargas de K_{tA} y K_{rA} , la carga radial (F_{rA}) aplicada al rodamiento A puede ser calculada de la siguiente manera :

$$F_{rA} = \sqrt{K_{tA}^2 + K_{rA}^2} = \sqrt{19\,697^2 + 506^2} = 19\,703 \text{ N}$$

[Rodamiento B]

* La carga constituida por K_{t1} y K_{t2} es :

$$K_{tB} = f_w f_g \left(\frac{a_1}{c} K_{t1} + \frac{b_1}{c} K_{t2} \right) = 1.5 \times 1.2 \times \left(\frac{95}{360} \times 7\,958 + \frac{245}{360} \times 15\,917 \right) = 23\,278 \text{ N}$$

* La carga constituida por K_{r1} y K_{r2} es :

$$K_{rB} = f_w f_g \left(\frac{a_1}{c} K_{r1} - \frac{b_1}{c} K_{r2} \right) = 1.5 \times 1.2 \times \left(\frac{95}{360} \times 2\,896 - \frac{245}{360} \times 5\,793 \right) = -5\,721 \text{ N}$$

- * La carga radial (F_{rB}) aplicada al rodamiento B puede ser calculada utilizando los mismos pasos del rodamiento A.

$$F_{rB} = \sqrt{K_{tB}^2 + K_{rB}^2} = \sqrt{23\,278^2 + (-5\,721)^2} = 23\,971 \text{ N}$$

- ③ Las siguientes especificaciones pueden ser obtenidas de la tabla de especificaciones de los rodamientos.

	Capacidad de carga dinámica básica (C_r)	e	$X^{(1)}$	$Y^{(1)}$
Rodamiento A	183 kN	0.35	0.4	1.74
Rodamiento B	221 kN			

[Nota] 1) Estos valores son usados, donde $F_a/F_r > e$, donde $F_a/F_r \leq e$, $X = 1$, $Y = 0$.

- ④ Cuando una carga axial no se aplica externamente, si se aplica la carga radial al rodamiento de rodillos cónicos, se genera una fuerza de componente axial.

Teniendo en cuenta este hecho, se ha de calcular la carga axial aplicada desde el eje y las partes periféricas: (Ecuación 5-33, Tabla 5-9)

$$\frac{F_{rB}}{2 Y_B} = \frac{23\,971}{2 \times 1.74} > \frac{F_{rA}}{2 Y_A} = \frac{19\,703}{2 \times 1.74}$$

De acuerdo con el resultado, está claro que la fuerza de componente axial ($F_{rB} / 2 Y_B$) aplicada al rodamiento B también se aplica al rodamiento A como una carga axial aplicada desde el eje y las partes periféricas.

- ⑤ Usando los valores listados en la Tabla 5-9, se calcula la carga dinámica equivalente, donde $K_a = 0$:

$$\begin{aligned} P_{rA} &= X F_{rA} + Y_A \frac{F_{rB}}{2 Y_B} \\ &= 0.4 \times 19\,703 + 1.74 \times \frac{23\,971}{2 \times 1.74} \\ &= 19\,867 \text{ N} \\ P_{rB} &= F_{rB} = 23\,971 \text{ N} \end{aligned}$$

- ⑥ Utilizando la ecuación (5-2), se calcula la vida nominal efectiva de cada rodamiento:

[Rodamiento A]

$$\begin{aligned} L_{10hA} &= \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_{rA}}{P_A} \right)^p \\ &= \frac{10^6}{60 \times 1\,000} \times \left(\frac{183 \times 10^3}{19\,867} \right)^{10/3} \\ &\approx 27\,300 \text{ h} \end{aligned}$$

[Rodamiento B]

$$\begin{aligned} L_{10hB} &= \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_{rB}}{P_B} \right)^p \\ &= \frac{10^6}{60 \times 1\,000} \times \left(\frac{221 \times 10^3}{23\,971} \right)^{10/3} \\ &\approx 27\,400 \text{ h} \end{aligned}$$

Referencia

Usando la ecuación (5-11), la vida útil del sistema (L_{10hS}) usando un par de rodamientos es:

$$\begin{aligned} L_{10hS} &= \frac{1}{\left(\frac{1}{L_{10hA}^e} + \frac{1}{L_{10hB}^e} \right)^{1/e}} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{1}{27\,300^{9/8}} + \frac{1}{27\,400^{9/8}} \right)^{8/9}} \\ &\approx 14\,800 \text{ h} \end{aligned}$$

6. Series dimensionales y numeración de los rodamientos

6-1 Series dimensionales

Las dimensiones del contorno del rodamiento son las dimensiones requeridas para la instalación del rodamiento en el eje o alojamiento, y como se describe en la Fig. 6-1, incluyen el diámetro del agujero, el diámetro exterior, la anchura, la altura y la dimensión del chaflán.

Estas dimensiones están estandarizadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO 15). JIS B 1512 "series dimensionales de los rodamientos" basadas en la ISO.

Estas series dimensionales son provistas, clasificadas en rodamientos radiales (los rodamientos de rodillos cónicos se proporcionan en otras tablas) y rodamientos axiales.

Las series dimensionales de cada rodamiento se enumeran en apéndices al final de este catálogo.

En estas tablas de las series de dimensiones, las dimensiones de diámetro exterior, anchura, altura y chaflán relacionadas con el número del agujero del

diámetro del rodamiento y los diámetros de los agujeros se enumeran en series de diámetros y series de dimensiones.

Referencia

- 1) La serie del diámetro es una serie del diámetro exterior nominal del rodamiento proporcionados para los rangos respectivos del diámetro del agujero del rodamiento; y una serie de dimensiones incluyendo anchura y altura, así como los diámetros.
- 2) Las series dimensionales de los rodamientos de rodillos cónicos enumerados en los Apéndices están adaptadas a las series de dimensiones convencionales (anchos y diámetros). Las series dimensionales del rodamiento de rodillos cónicos proporcionadas en JIS B 1512-2000 son series dimensionales nuevas basadas en ISO 355 (ref. Describas antes de la tabla de especificaciones de los rodamientos); para referencia, la tabla de especificaciones de rodamientos cubre los códigos numéricos utilizados en estas series de dimensiones.

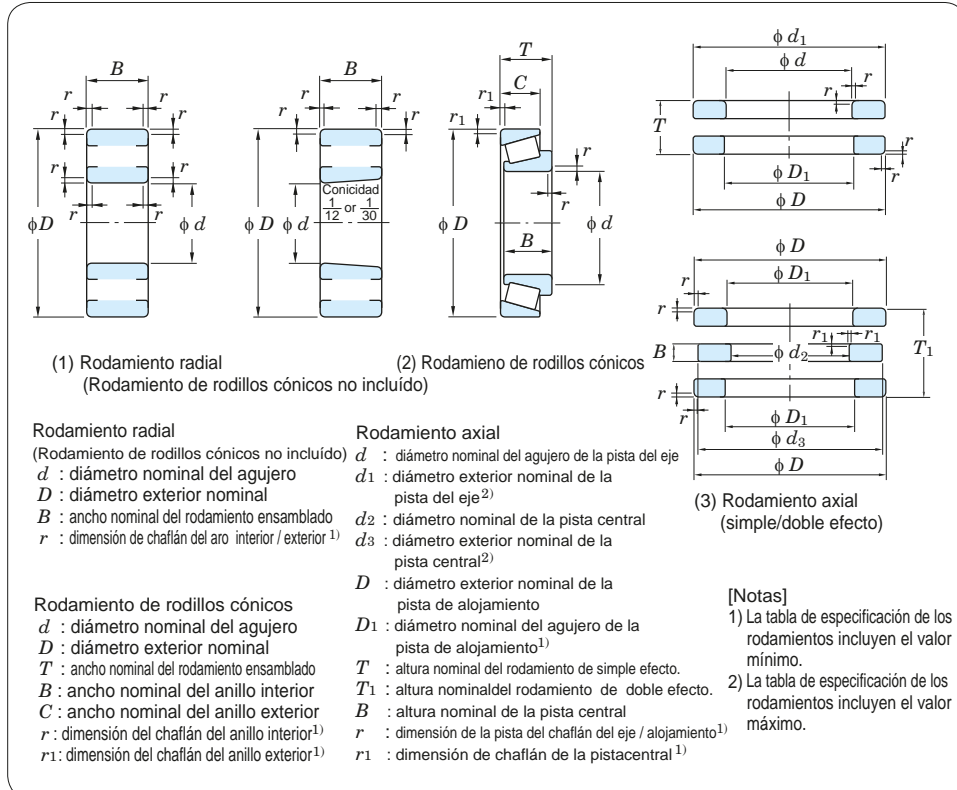


Fig. 6-1 Series dimensionales de los rodamientos

Las dimensiones de la sección transversal de los rodamientos radiales y los rodamientos axiales expresados en las series de dimensiones se pueden comparar usando las Figs. 6-2 y 6-3.

De esta manera, se proporcionan muchas series de dimensiones; sin embargo, no todas las dimensiones están prácticamente adaptadas. Algunos de ellos fueron meramente prescritos, dado el uso futuro esperado.

6-2 Dimensiones de las ranuras para el anillo elástico y del anillo elástico

JIS B 1509 "rodamientos - rodamiento radial con anillo elástico de fijación - dimensiones y tolerancias" se ajusta a las dimensiones de la ranura del anillo elástico para colocar el anillo elástico en la superficie exterior del rodamiento y las dimensiones y tolerancias del anillo elástico de fijación.

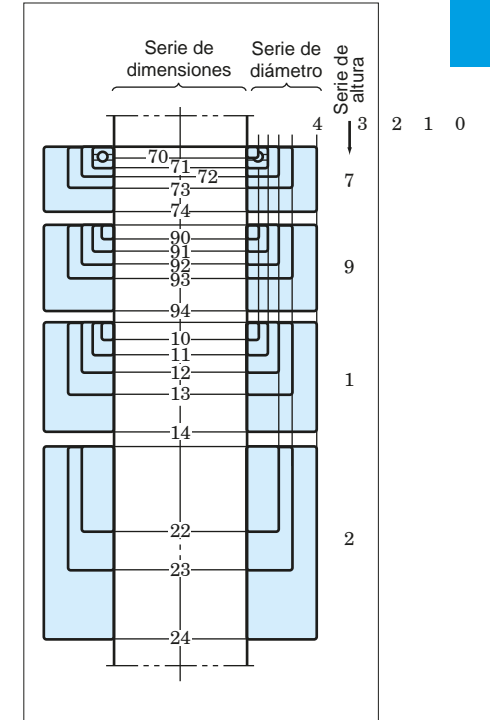


Fig. 6-3 Diagrama de la serie de dimensiones de los rodamientos axiales (La serie de diámetros 5 se omite)

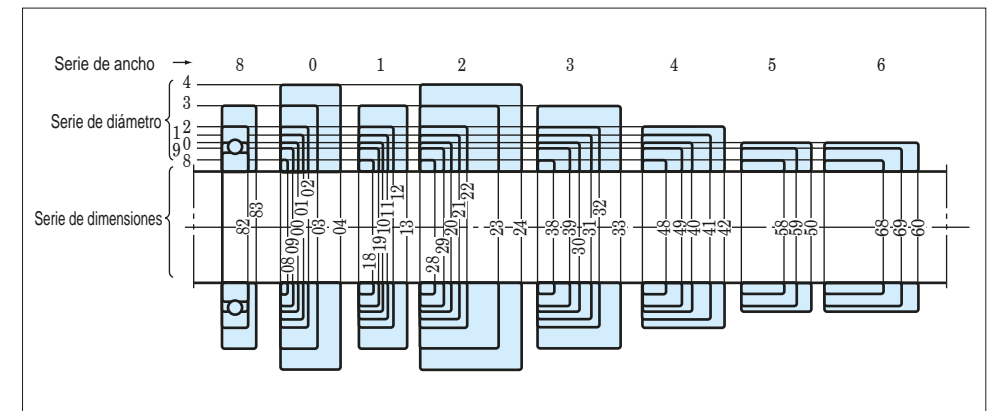


Fig. 6-2 Diagrama de la serie de dimensiones del rodamiento radial (la serie de diámetros 7 se omite).

6-3 Numeración de los rodamientos

El número del rodamiento está compuesto por un número básico y un código suplementario, que indica las especificaciones de los rodamientos, incluido el tipo de rodamiento, la serie dimensional, la precisión de giro y el juego interno.

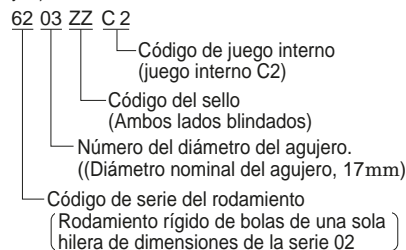
La numeración de los rodamientos estándar correspondientes a JIS B 1512 "series dimensionales del rodamiento" están prescritos en JIS B 1513.

Además de estos números del rodamiento, JTEKT utiliza códigos suplementarios distintos de los proporcionados por JIS.

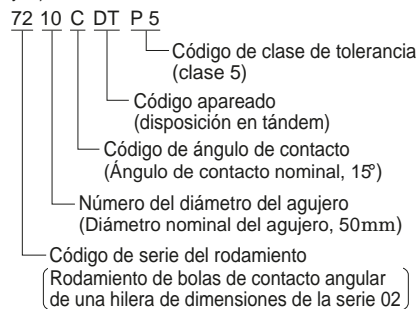
Entre los números básicos, los códigos de series del rodamiento se enumeran en la Tabla 6-1, y la composición de los números del rodamiento se describe en la Tabla 6-2, que muestra el orden de disposición de las partes.

[Ejemplos de numeración del rodamiento]

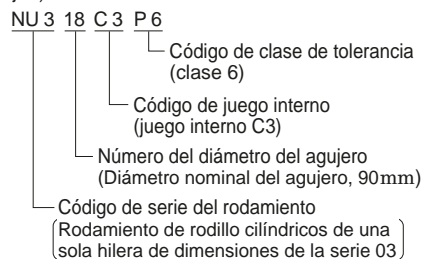
(Ej. 1)



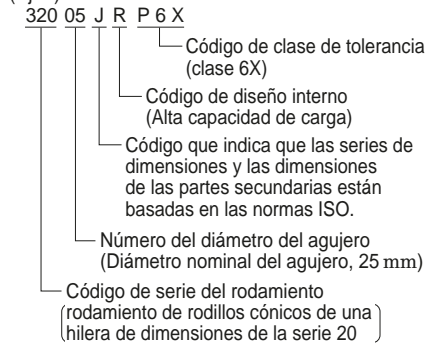
(Ej. 2)



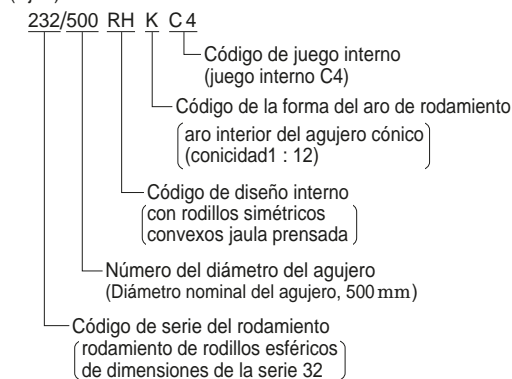
(Ej. 3)



(Ej. 4)



(Ej. 5)



(Ej. 6)

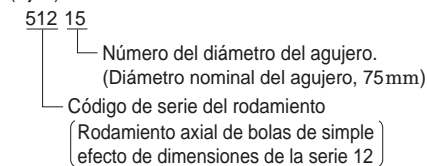


Table 6-1 Código de series del rodamiento

Tipo de rodamiento	Código de serie del rodamiento	Código del tipo	Código de las series de dimensión	
			Serie de ancho	Serie de diámetro
Rodamiento rígido de bolas de una hilera	68	6	(1)	8
	69	6	(1)	9
	160 ²⁾	6	(0)	0
	60	6	(1)	0
	62	6	(0)	2
	63	6	(0)	3
Rodamiento rígido de bolas de una hilera (Con ranura de llenado)	64	6	(0)	4
	42	4	(2)	2
Rodamiento de bolas de contacto angular de una hilera	43	4	(2)	3
	79	7	(1)	9
	70	7	(1)	0
	72	7	(0)	2
Rodamiento de bolas de contacto angular de hilera doble (Con ranura de llenado)	73	7	(0)	3
	74	7	(0)	4
	32	(0)	3	2
	33	(0)	3	3
Rodamiento de bolas de contacto angular de hilera doble	52	5	(3)	2
	53	5	(3)	3
Rodamiento de bolas autoalineable	12	1	(0)	2
	22	2	(2)	2
	13	1	(0)	3
	23	2	(2)	3
Rodamiento de rodillos cilíndricos de una hilera	112 ²⁾	1	(0) ³⁾	2
	113 ²⁾	1	(0) ³⁾	3
	NU 10	NU ⁴⁾	1	0
	NU 2	NU ⁴⁾	(0)	2
Rodamiento de rodillos cilíndricos de doble hilera	NU 22	NU ⁴⁾	2	2
	NU 32	NU ⁴⁾	3	2
	NU 3	NU ⁴⁾	(0)	3
	NU 23	NU ⁴⁾	2	3
Rodamiento de agujas de una hilera	NU 4	NU ⁴⁾	(0)	4
	NNU 49	NNU	4	9
Rodamiento de rodillos cilíndricos de doble hilera	NN 30	NN	3	0
	NA 48	NA	4	8
	NA 49	NA	4	9
Rodamiento de agujas de dos hileras	NA 59	NA	5	9
	NA 69	NA	6	9

Tipo de rodamiento	Código de serie del rodamiento	Código del tipo	Código de las series de dimensión	
			Serie de ancho	Serie de diámetro
Rodamiento de rodillos cónicos	329	3	2	9
	320	3	2	0
	330	3	3	0
	331	3	3	1
	302	3	0	2
	322	3	2	2
	332	3	3	2
	303	3	0	3
	313	3	1	3
	323	3	2	3
Rodamiento de rodillos esféricos	239	2	3	9
	230	2	3	0
	240	2	4	0
	231	2	3	1
	241	2	4	1
	222	2	2	2
	232	2	3	2
	213 ²⁾	2	0	3
	223	2	2	3
	511	5	1	1
Rodamiento axial de bolas de simple efecto	512	5	1	2
	513	5	1	3
	514	5	1	4
	532	5	3	2
Rodamiento axial de bolas con contra placa esférica	533	5	3	3
	534	5	3	4
	522	5	2	2
Rodamiento axial de bolas de doble efecto	523	5	2	3
	524	5	2	4
	542	5	4	2
Rodamiento axial de bolas de doble efecto con contra placas esféricas	543	5	4	3
	544	5	4	4
	292	2	9	2
Rodamiento axial de rodillos esféricos	293	2	9	3
	294	2	9	4

[Notas]

- 1) Los códigos de serie de anchura entre paréntesis se omiten en los códigos de series de rodamiento.
- 2) Estos son los códigos de la serie de los rodamiento utilizados habitualmente.
- 3) Serie nominal de anchura del aro exterior (los aros interiores son sólo anchos).
- 4) Además del tipo NU, se proporcionan NJ, NUP, N, NF y NH.

Table 6-2 Configuración del número del rodamiento

Orden del código	Número básico			Código			Suplementario						
	Código de serie del rodamiento	No. del diámetro del agujero	Código del ángulo de contacto	Código de diseño interno, Código del guiado de la jaula	Código de protección/sello	Código de forma del aro, código del agujero/ranura de lubricación	Código del material, Código de tratamiento especial	Código del apareamiento o apilamiento	Código del juego interno, código de la precarga	Código del espaciador	Código del material de la jaula / forma	Código de la tolerancia	Código de la grasa

(Códigos y descripciones)

Código de serie del rodamiento

68	Rodamiento rígido de bolas
69	.
60	.
.	.
.	.

(para códigos de rodamientos estándar, ir a la Tabla 6-1)

No. de diámetro del agujero

/0.6	0.6 mm (Diámetro del agujero)
1	1
/1.5	1.5
.	.
9	9
00	10
01	12
02	15
03	17

04	20	El diámetro del agujero (mm) del rodamiento en el rango de 04 a 96 se puede obtener multiplicando el número del diámetro del agujero por cinco.
/22	22	
05	25	
96	480	
/500	500	
/2500	2500	

Código del ángulo de contacto

A (omitido)	30°	Rodamiento de bolas de contacto angular
AC	25°	
B	40°	
C	15°	
CA	20°	
E	35°	Rodamientos de rodillos cónico
B (omitido)	Menos de 17°	
C		
D	28° 30'	
DJ	28° 48' 39"	

Código de diseño interno

R	Capacidad de carga alta (Rodamiento rígido de bolas, rodamiento de rodillos cilíndricos, rodamiento de rodillos cónicos)
---	--

G	Lo que sobresale en ambos lados de los aros de igual tamaño en los rodamientos de bolas de contacto angular (En general se usa C2)
GST	Rodamiento de bolas de contacto angular descrito anteriormente como juego interno estándar
J	Rodamiento de rodillos cónicos, cuya anchura del aro exterior, ángulo de contacto y diámetro interior pequeño del aro exterior se ajustan a las normas ISO
R	Con rodillos asimétricos convexos y jaula mecanizada
RH	Con rodillos simétricos convexos y jaula prensada
RHA	Con rodillos simétricos convexos y jaula mecanizada de una sola pieza
V	Rodamiento de bolas o de rodillos de tipo completamente lleno (sin jaula)

Código de la protección/sello

	un lado	ambos lados
Z	ZZ	Tapa fija
ZX	ZZX	Tapa desmontable
ZU	2ZU	Sello sin contacto
RU	2RU	
RS	2RS	Sello de contacto
RK	2RK	
U	UU	Sello de contacto extremadamente ligero
RD	2RD	

Código de forma del arco/código del agujero de lubricación/ ranura

K	Agujero del aro interior cónico (1 : 12)
K30	Agujero del aro interior cónico (1 : 30)
N	Ranura para el anillo de fijación provista en la superficie del aro exterior
NR	Ranura para el anillo de fijación con el anillo de fijación provista en la superficie del aro exterior exterior

(Códigos y descripciones)

NY	Anillo de resina sintética para prevenir el deslizamiento provisto en la superficie exterior del aro exterior
SG	Ranura en espiral en la superficie interior del agujero del aro interior
W	Orificio de lubricación y ranura de lubricación provisto en la superficie exterior del aro exterior de los rodamientos de rodillos cilíndricos
W33	Orificio de lubricación y ranura de lubricación en el rodamiento de rodillos esféricos proporcionado en la superficie exterior del aro exterior

Código de material, Código de tratamiento especial

Código no	Acero para rodamientos al cromo de alto carbono dado
E	Acero de cementación
F	
H	
Y	
ST	Acero inoxidable
SH	Tratamiento térmico especial
S0	Hasta 150 °C
S1	Hasta 200 °C (Tratamiento de estabilización dimensional)
S2	Hasta 250 °C

Código de apareamiento o apilamiento, código de guía de la jaula

DB	Disposición espalda con espalda	Rodamiento de bolas de contacto angular
DF	Disposición cara a cara	
DT	Disposición en tandem	
PA	Con jaula guiada por el aro exterior (Rodamiento de bolas)	
Q3	Con jaula guiada por los rodillos (Rodamiento de rodillos)	

Código del juego interno, código de la precarga

C1	Menor que C2	Juego radial interno para rodamientos radiales
C2	Menor que el juego estándar	
CN	Juego estándar	
C3	Mayor que el juego estándar	
C4	Mayor que C3	
C5	Mayor que 4	
M1	(Juego radial interno para rodamiento de bolas extra-pequeño/miniatra)	
M6		
CD2	Menor que el juego estándar	Juego radial interno para rodamiento de bolas de contacto angular de doble hilera
CDN	Juego estándar	
CD3	Mayor que el juego estándar	

CM	Juego radial interno para rodamientos de motores eléctrico	(Rodamiento rígido de bolas)
CT		(Rodamiento de rodillos cilíndricos)

NA	Juego radial interno de rodillos cilíndricos no intercambiables
----	---

S	Precarga leve	(Precarga para rodamientos de bolas de contacto angular)
L	Precarga ligera	
M	Precarga media	
H	Precarga pesada	

Código del espaciador	La anchura del espaciador (mm) se fija al final de cada código.	
+	Espaciadores proporcionados para el aro interior y exterior	(Rodamiento rígido de bolas)
/	Espaciadores proporcionados para el aro interior y exterior	(Rodamiento de bolas de contacto angular)
/P	Espaciador proporcionado para el aro exterior	
/S	Espaciador proporcionado para el aro interior	
+DP	Espaciadores proporcionados para el aro interior y exterior	(Rodamiento de rodillos cilíndricos, rodamiento de rodillos esféricos)
+IDP	Espaciador proporcionado para el aro interior	
+ODP	Espaciador proporcionado para el aro exterior	

Código del material de la jaula/ forma

//	Chapa de acero	(Jaula prensada)
YS	Hoja de chapa de acero/acero inoxidable	
FT	Resina fenólica	(Jaula maquinada)
FY	Fundición de latón de alta resistencia	
FW	Fundición de latón de alta resistencia (tipo separable)	
MG	Poliamida	(Jaula moldeada)
FG		
FP	Acero al carbono	(Jaula tipo pin)

Código de tolerancia (JIS)

Omitido	Clase 0
P6	Clase 6
P6X	Clase 6X
P5	Clase 5
P4	Clase 4
P2	Clase 2

Código de la grasa

A2	Alvania 2
AC	Andok C
B5	Beacon 325
SR	Multemp SRL

7. Tolerancia de los rodamientos

7-1 Tolerancia y clases de tolerancias para los rodamientos

Se especifican las tolerancias de los rodamientos y los valores admisibles para las series dimensionales y la precisión del giro de los rodamientos.

Estos valores están prescritos en JIS B 1514 "Tolerancias para rodamientos". (Estas normas JIS se basan en las normas ISO).

Las tolerancias de los rodamientos se estandarizan clasificando los rodamientos en las siguientes seis clases (la precisión en las tolerancias se hace más alta en el orden descrito): 0, 6X, 6, 5, 4 y 2.

Los rodamientos de clase 0 ofrecen un rendimiento adecuado para aplicaciones generales; Y los rodamientos de clase 5 o superior son requeridos para aplicaciones y condiciones de operación exigentes, incluyendo las descritas en la Tabla 7-1.

Estas tolerancias siguen las normas ISO, pero algunos países utilizan nombres diferentes para ellas. Las tolerancias para cada clase de rodamientos y las organizaciones relacionadas con rodamientos se enumeran en la Tabla 7-2.

■ Precisión de las series dimensionales (Artículos sobre las dimensiones del montaje de eje y alojamiento)

- * Tolerancias para el diámetro interior, el diámetro exterior, la anchura del aro, la anchura del rodamiento montado
- * Tolerancias para el diámetro interno del agujero y el diámetro exterior del conjunto de los rodillos
- * Límites de tolerancia para dimensiones del chaflán
- * Valores admisibles para la variación de la anchura
- * Tolerancia y valores admisibles para el agujero cónico

■ Precisión de giro

- (Items en el descentre de los elementos rodantes)
- * Valores admisibles para el desplazamiento radial y axial de los aros interior y exterior
 - * Valores admisibles para la perpendicularidad de la cara interior del aro
 - * Valores admisibles para la perpendicularidad de la superficie externa del aro exterior
 - * Valores admisibles para el espesor de la pista de rodadura del rodamiento axial

En las Tablas 7-3 a la 7-10 se enumeran las exactitudes para las dimensiones y el funcionamiento de cada tipo de rodamiento; y las tolerancias para el agujero cónico y los valores límite para las dimensiones de chaflán de los rodamientos radiales se encuentran en las Tablas 7-11 y 7-12.

Table 7-1 Aplicaciones de rodamientos de alta precisión

Rendimiento requerido	Aplicaciones	Clase de tolerancia
Alta precisión de giro de los elementos rodantes es requerida	Acústica / husillo de equipo visual (VTR, grabadoras de cinta)	P 5, P 4
	Radar / Ejes de giro de la antena parabólica	P 4
	Ejes de máquinas herramientas	P 5, P 4, P 2, ABEC 9
	Ordenadores, husillos de discos magnéticos	P 5, P 4, P 2, ABEC 9
	Cuello de laminador de película de aluminio	P 5
Rotación de alta velocidad	Rodamientos para rodillos de apoyo multi etapa	P 4
	Ejes para odontología	P 2, ABMA 5P, ABMA 7P
	Súper cargadores	P 5, P 4
	Ejes de motores a reacción y sus accesorios	P 5, P 4
	Separadores centrífugos	P 5, P 4
Baja fricción o baja variación de fricción es requerida	Bombas de LNG (liquefied natural gas)	P 5
	Ejes de bomba turbomolécula y toma de contacto	P 5, P 4
	Ejes de máquinas herramientas	P 5, P 4, P 2, ABEC 9
	Tensores de bobinas	P 5, P 4
	Equipos de control (motores síncronos, servomotores, giroscopios)	P 4, ABMA 7P
	Instrumentos de medición	P 5
	Ejes de máquinas herramientas	P 5, P 4, P 2, ABEC 9

Table 7-2 Tipo de rodamiento y clase de tolerancia

Tipo de rodamiento			Normas aplicadas	Clase de tolerancia aplicada						Tabla de tolerancia
Rodamiento rígido de bolas			JIS B 1514-1	Clase 0	—	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Tabla 7-3
Rodamiento de bolas de contacto angular					—	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	
Rodamiento de bolas autoalineable				Clase 0	—	—	—	—	—	
Rodamiento de rodillos cilíndricos				Clase 0	—	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	
Rodamiento de agujas (Tipo de aro mecanizado)			JIS B 1536-1	Clase 0	—	—	—	—	—	
Rodamiento de rodillos cónicos	Serie métrica (un hilera)	JIS B 1514-1	Clase 0	Clase 6X	(Clase 6)	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Tabla 7-5	
	Serie métrica (dos o cuatro hileras)	BAS 1002	Clase 0	—	—	—	—	—	Tabla 7-6	
	Serie en pulgadas	ANSI/ABMA	Clase 4	—	Clase 2	Clase 3	Clase 0	Clase 00	Tabla 7-7	
	Serie métrica (serie - J)		Clase PK	—	Clase PN	Clase PC	Clase PB	—	Tabla 7-8	
Rodamiento de rodillos esféricos			JIS B 1514-1	Clase 0	—	—	—	—	—	Tabla 7-3
Rodamiento axial de bolas			JIS B 1514-2	Clase 0	—	Clase 6	Clase 5	Clase 4	—	Tabla 7-9
Rodamiento axial de rodillos esféricos				Clase 0	—	—	—	—	—	Tabla 7-10
Rodamiento de apoyo de tornillo de bolas de precisión			Estándares de JTEKT	—	—	—	Clase P5Z	Clase P4Z	—	—
Rodamiento axial de bolas de contacto angular de doble efecto				—	—	—	Equivalente a la clase 5	Equivalente a la clase 4	—	—
(Referencia) Comparación de clases	ISO	Rodamiento radial	ISO 492	Clase normal	Clase 6X	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	—
		Rodamiento axial	ISO 199	Clase normal	—	Clase 6	Clase 5	Clase 4	—	—
	DIN BS NF	Rodamiento radial y axial	DIN 620 BS 6107 NF E 22-335	Clase normal	Clase 6X	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	—
	ANSI ABMA	Rodamiento radial	ABMA std. 20	ABEC 1 RBEC 1	—	ABEC 3 RBEC 3	ABEC 5 RBEC 5	ABEC 7 —	ABEC 9 —	—
		Rodamiento de bolas para instrumentos	ABMA std. 12	—	—	Clase 3P	Clase 5P Clase 5T	Clase 7P Clase 7T	Clase 9P	Tabla 7-4
		Rodamiento de rodillos cónicos	ABMA std. 19	Clase 4 Clase K	—	Clase 2 Clase N	Clase 3 Clase C	Clase 0 Clase B	Clase 00 Clase A	Tabla 7-7

(Referencia) Normas y organizaciones relacionadas con rodamientos

- JIS : Estándar industrial japonés
- BAS : El Estándar de la Asociación Industrial de Rodamientos de Japón
- ISO : Organización Internacional de Normalización
- ANSI : Instituto de Estándares Nacional Estadounidense, Inc.
- ABMA : Asociación Americana de Fabricantes de Rodamientos
- DIN : Instituto Alemán de Normalización
- BS : Institución de Normas Británicas
- NF : Asociación Francesa de Normalización

7. Tolerancia de los rodamientos

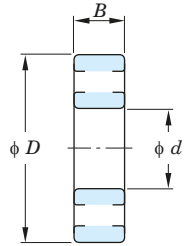
Table 7-3 (1) Tolerancia del rodamiento radial (Rodamientos de rodillos cónicos excluidos)

= JIS B 1514-1 =

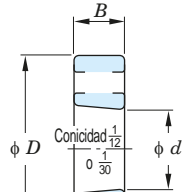
(1) Aro interior (diámetro del agujero)

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d mm		Desviación media del diámetro del agujero del plano singular Δ_{dmp}										Desviación del diámetro del agujero singular $\Delta_{ds}^{1)}$				Variación del diámetro del agujero en un plano singular V_{dsp}										Variación media del diámetro del agujero V_{dmp}										Diámetro nominal del agujero d mm					
		clase 0		clase 6		clase 5		clase 4		clase 2		clase 4		clase 2		Series de diámetro 7, 8, 9				Series de diámetro 0, 1				Series de diámetro 2, 3, 4				Dia. series ¹⁾		V_{dmp}											
superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	mas de	hasta										
—	0.6	0	— 8	0	— 7	0	— 5	0	— 4	0	— 2.5	0	— 4	0	— 2.5	10	9	5	4	8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	6	5	3	2	1.5	—	0.6						
0.6	2.5	0	— 8	0	— 7	0	— 5	0	— 4	0	— 2.5	0	— 4	0	— 2.5	10	9	5	4	8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	6	5	3	2	1.5	0.6	2.5						
2.5	10	0	— 8	0	— 7	0	— 5	0	— 4	0	— 2.5	0	— 4	0	— 2.5	10	9	5	4	8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	6	5	3	2	1.5	2.5	10						
10	18	0	— 8	0	— 7	0	— 5	0	— 4	0	— 2.5	0	— 4	0	— 2.5	10	9	5	4	8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	6	5	3	2	1.5	10	18						
18	30	0	— 10	0	— 8	0	— 6	0	— 5	0	— 2.5	0	— 5	0	— 2.5	13	10	6	5	10	8	5	4	8	6	5	4	2.5	8	6	3	2.5	1.5	18	30						
30	50	0	— 12	0	— 10	0	— 8	0	— 6	0	— 2.5	0	— 6	0	— 2.5	15	13	8	6	15	13	6	5	9	8	6	5	2.5	9	8	4	3	1.5	30	50						
50	80	0	— 15	0	— 12	0	— 9	0	— 7	0	— 4	0	— 7	0	— 4	19	15	9	7	19	15	7	5	11	9	7	5	4	11	9	5	3.5	2	50	80						
80	120	0	— 20	0	— 15	0	— 10	0	— 8	0	— 5	0	— 8	0	— 5	25	19	10	8	25	19	8	6	15	11	8	6	5	15	11	5	4	2.5	80	120						
120	150	0	— 25	0	— 18	0	— 13	0	— 10	0	— 7	0	— 10	0	— 7	31	23	13	10	31	23	10	8	19	14	10	8	7	19	14	7	5	3.5	120	150						
150	180	0	— 25	0	— 18	0	— 13	0	— 10	0	— 7	0	— 10	0	— 7	31	23	13	10	31	23	10	8	19	14	10	8	7	19	14	7	5	3.5	150	180						
180	250	0	— 30	0	— 22	0	— 15	0	— 12	0	— 8	0	— 12	0	— 8	38	28	15	12	38	28	12	9	23	17	12	9	8	23	17	8	6	4	180	250						
250	315	0	— 35	0	— 25	0	— 18	0	— 15	—	—	0	— 15	—	—	44	31	18	15	44	31	14	11	26	19	14	11	—	26	19	9	8	—	250	315						
315	400	0	— 40	0	— 30	0	— 23	0	— 18	—	—	0	— 18	—	—	50	38	23	18	50	38	18	14	30	23	18	14	—	30	23	12	9	—	315	400						
400	500	0	— 45	0	— 35	0	— 28	0	— 23	—	—	0	— 23	—	—	56	44	28	23	56	44	21	17	34	26	21	17	—	34	26	14	12	—	400	500						
500	630	0	— 50	0	— 40	0	— 35	—	—	—	—	—	—	—	—	63	50	35	—	63	50	26	—	38	30	26	—	—	38	30	18	—	—	500	630						
630	800	0	— 75	0	— 50	0	— 45	—	—	—	—	—	—	—	—	94	63	45	—	94	63	34	—	56	38	34	—	—	56	38	23	—	—	630	800						
800	1 000	0	— 100	0	— 60	0	— 60	—	—	—	—	—	—	—	—	125	75	60	—	125	75	45	—	75	45	45	—	—	75	45	30	—	—	800	1 000						
1 000	1 250	0	— 125	0	— 75	0	— 75	—	—	—	—	—	—	—	—	156	94	75	—	156	94	56	—	94	56	56	—	—	94	56	38	—	—	1 000	1 250						
1 250	1 600	0	— 160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—	—	—	200	—	—	—	120	—	—	—	—	120	—	—	—	—	—	1 250	1 600					
1 600	2 000	0	— 200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250	—	—	—	250	—	—	—	150	—	—	—	—	150	—	—	—	—	—	1 600	2 000					



Agujero cilíndrico



Agujero cónico

(2) Aro interno (precisión de giro y ancho)

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero <i>d</i> mm		Desviación radial del aro interior del rodamiento ensamblado <i>K</i> _{ia}					<i>S</i> _d			<i>S</i> _{ia} ²⁾			Desviación de la anchura del aro interior singular										Desviación de la anchura del aro interior singular								Variación de la anchura del aro interior					Diámetro nominal del agujero <i>d</i> mm					
													Δ_{Bs}					$\Delta_{Bs}^{3)}$					<i>V</i> _{Bs}																		
		clase 0	clase 6	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2	clase 0		clase 6		clase 5				clase 4		clase 2		clase 0 ⁴⁾		clase 6 ⁴⁾		clase 5 ⁴⁾		clases 4, 2		clase 0	clase 6	clase 5	clase 4	clase 2				
mas de	hasta	max.					max.					max.					superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior			superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	max.					mas de	hasta
—	0.6	10	5	4	2.5	1.5	7	3	1.5	7	3	1.5	0 — 40	0 — 40	0 — 40			0 — 40	0 — 40	—	—	—	—	0 — 250	0 — 250	12	12	5	2.5	1.5	—	—	—	—	—	—	0.6	0.6			
0.6	2.5	10	5	4	2.5	1.5	7	3	1.5	7	3	1.5	0 — 40	0 — 40	0 — 40			0 — 40	0 — 40	—	—	—	—	0 — 250	0 — 250	12	12	5	2.5	1.5	0.6	2.5	0.6	2.5	0.6	2.5					
2.5	10	10	6	4	2.5	1.5	7	3	1.5	7	3	1.5	0 — 120	0 — 120	0 — 40			0 — 120	0 — 120	0 — 250	0 — 250	0 — 250	0 — 250	15	15	5	2.5	1.5	2.5	10	2.5	10	2.5	10	2.5	10					
10	18	10	7	4	2.5	1.5	7	3	1.5	7	3	1.5	0 — 120	0 — 120	0 — 80			0 — 120	0 — 120	0 — 250	0 — 250	0 — 250	0 — 250	20	20	5	2.5	1.5	10	18	10	18	10	18	10	18					
18	30	13	8	4	3	2.5	8	4	1.5	8	4	2.5	0 — 120	0 — 120	0 — 120			0 — 120	0 — 120	0 — 250	0 — 250	0 — 250	0 — 250	20	20	5	2.5	1.5	18	30	18	30	18	30	18	30					
30	50	15	10	5	4	2.5	8	4	1.5	8	4	2.5	0 — 120	0 — 120	0 — 120			0 — 120	0 — 120	0 — 250	0 — 250	0 — 250	0 — 250	20	20	5	3	1.5	30	50	30	50	30	50	30	50					
50	80	20	10	5	4	2.5	8	5	1.5	8	5	2.5	0 — 150	0 — 150	0 — 150			0 — 150	0 — 150	0 — 380	0 — 380	0 — 250	0 — 250	25	25	6	4	1.5	50	80	50	80	50	80	50	80					
80	120	25	13	6	5	2.5	9	5	2.5	9	5	2.5	0 — 200	0 — 200	0 — 200			0 — 200	0 — 200	0 — 380	0 — 380	0 — 380	0 — 380	25	25	7	4	2.5	80	120	80	120	80	120	80	120					
120	150	30	18	8	6	2.5	10	6	2.5	10	7	2.5	0 — 250	0 — 250	0 — 250			0 — 250	0 — 250	0 — 500	0 — 500	0 — 380	0 — 380	30	30	8	5	2.5	120	150	120	150	120	150	120	150					
150	180	30	18	8	6	5	10	6	4	10	7	5	0 — 250	0 — 250	0 — 250			0 — 250	0 — 250	0 — 500	0 — 500	0 — 380	0 — 380	30	30	8	5	4	150	180	150	180	150	180	150	180					
180	250	40	20	10	8	5	11	7	5	13	8	5	0 — 300	0 — 300	0 — 300			0 — 300	0 — 300	0 — 500	0 — 500	0 — 500	0 — 500	30	30	10	6	5	180	250	180	250	180	250	180	250					
250	315	50	25	13	10	—	13	8	—	15	9	—	0 — 350	0 — 350	0 — 350			0 — 350	—	0 — 500	0 — 500	0 — 500	—	35	35	13	8	—	250	315	250	315	250	315	250	315					
315	400	60	30	15	13	—	15	9	—	20	12	—	0 — 400	0 — 400	0 — 400			0 — 400	—	0 — 630	0 — 630	0 — 630	—	40	40	15	9	—	315	400	315	400	315	400	315	400					
400	500	65	35	20	15	—	18	11	—	25	15	—	0 — 450	0 — 450	0 — 450			0 — 450	—	—	—	—	—	50	45	18	11	—	400	500	400	500	400	500	400	500					
500	630	70	40	25	—	—	25	—	—	30	—	—	0 — 500	0 — 500	0 — 500			0 — 500	—	—	—	—	—	60	50	20	—	—	500	630	500	630	500	630	500	630					
630	800	80	50	30	—	—	30	—	—	35	—	—	0 — 750	0 — 750	0 — 750			0 — 750	—	—	—	—	—	70	60	23	—	—	630	800	630	800	630	800	630	800					
800	1 000	90	60	40	—	—	40	—	—	45	—	—	0 — 1 000	0 — 1 000	0 — 1 000			0 — 1 000	—	—	—	—	—	80	60	35	—	—	800	1 000	800	1 000	800	1 000	800	1 000					
1 000	1 250	100	70	50	—	—	50	—	—	60	—	—	0 — 1 250	0 — 1 250	0 — 1 250			0 — 1 250	—	—	—	—	—	100	60	45	—	—	1 000	1 250	1 000	1 250	1 000	1 250	1 000	1 250					
1 250	1 600	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 — 1 600	—	—			—	—	—	—	—	—	120	—	—	—	—	1 250	1 600	1 250	1 600	1 250	1 600	1 250	1 600					
1 600	2 000	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 — 2 000	—	—			—	—	—	—	—	—	140	—	—	—	—	1 600	2 000	1 600	2 000	1 600	2 000	1 600	2 000					

Tabla 7-3 (2) Tolerancia del rodamiento radial (Rodamientos de rodillos cónicos excluidos)

(3) Aro exterior (diámetro exterior)

Unidad : μm

Diámetro externo nominal <i>D</i> mm		Desviación media del diámetro exterior de un plano singular Δ_{Dmp}										Desviación del diámetro exterior singular $\Delta_{Ds}^{(1)}$				Variación del diámetro exterior de un plano singular V_{Dep}														Variación media del diámetro exterior V_{Dmp}						Diámetro externo nominal <i>D</i> mm				
																Series de diámetro 7, 8, 9								Series de diámetro 0, 1				Series de diámetro 2, 3, 4										Series de diámetro		
		Con tapas / sellado		Series de diámetro		2, 3, 4		0, 1, 2, 3, 4																																
		clase 0		clase 6		clase 5		clase 4		clase 2		clase 4 ⁽⁵⁾		clase 2		clase 0 ⁽²⁾		clase 6 ⁽²⁾		clase 5 ⁽⁵⁾		clase 4 ⁽⁵⁾		clase 2		clase 0 ⁽²⁾		clase 6 ⁽²⁾		clase 0 ⁽²⁾		clase 6 ⁽²⁾		clase 5				clase 4		clase 2
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	más de	hasta	
–	2.5	0	– 8	0	– 7	0	– 5	0	– 4	0	– 2.5	0	– 4	0	– 2.5	10	9	5	4			8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	10	9	6	5	3	2	1.5	–	2.5	
2.5	6	0	– 8	0	– 7	0	– 5	0	– 4	0	– 2.5	0	– 4	0	– 2.5	10	9	5	4			8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	10	9	6	5	3	2	1.5	2.5	6	
6	18	0	– 8	0	– 7	0	– 5	0	– 4	0	– 2.5	0	– 4	0	– 2.5	10	9	5	4			8	7	4	3	6	5	4	3	2.5	10	9	6	5	3	2	1.5	6	18	
18	30	0	– 9	0	– 8	0	– 6	0	– 5	0	– 4	0	– 5	0	– 4	12	10	6	5			9	8	5	4	7	6	5	4	4	12	10	7	6	3	2.5	2	18	30	
30	50	0	– 11	0	– 9	0	– 7	0	– 6	0	– 4	0	– 6	0	– 4	14	11	7	6			11	9	5	5	8	7	5	5	4	16	13	8	7	4	3	2	30	50	
50	80	0	– 13	0	– 11	0	– 9	0	– 7	0	– 4	0	– 7	0	– 4	16	14	9	7			13	11	7	5	10	8	7	5	4	20	16	10	8	5	3.5	2	50	80	
80	120	0	– 15	0	– 13	0	– 10	0	– 8	0	– 5	0	– 8	0	– 5	19	16	10	8			19	16	8	6	11	10	8	6	5	26	20	11	10	5	4	2.5	80	120	
120	150	0	– 18	0	– 15	0	– 11	0	– 9	0	– 5	0	– 9	0	– 5	23	19	11	9			23	19	8	7	14	11	8	7	5	30	25	14	11	6	5	2.5	120	150	
150	180	0	– 25	0	– 18	0	– 13	0	– 10	0	– 7	0	– 10	0	– 7	31	23	13	10			31	23	10	8	19	14	10	8	7	38	30	19	14	7	5	3.5	150	180	
180	250	0	– 30	0	– 20	0	– 15	0	– 11	0	– 8	0	– 11	0	– 8	38	25	15	11			38	25	11	8	23	15	11	8	8	–	–	23	15	8	6	4	180	250	
250	315	0	– 35	0	– 25	0	– 18	0	– 13	0	– 8	0	– 13	0	– 8	44	31	18	13			44	31	14	10	26	19	14	10	8	–	–	26	19	9	7	4	250	315	
315	400	0	– 40	0	– 28	0	– 20	0	– 15	0	– 10	0	– 15	0	– 10	50	35	20	15			50	35	15	11	30	21	15	11	10	–	–	30	21	10	8	5	315	400	
400	500	0	– 45	0	– 33	0	– 23	0	– 17	–	–	0	– 17	–	–	56	41	23	17			56	41	17	13	34	25	17	13	–	–	–	–	34	25	12	9	–	400	500
500	630	0	– 50	0	– 38	0	– 28	0	– 20	–	–	0	– 20	–	–	63	48	28	20			63	48	21	15	38	29	21	15	–	–	–	–	38	29	14	10	–	500	630
630	800	0	– 75	0	– 45	0	– 35	–	–	–	–	–	–	–	–	94	56	35	–			94	56	26	–	55	34	26	–	–	–	–	55	34	18	–	–	630	800	
800	1 000	0	– 100	0	– 60	0	– 50	–	–	–	–	–	–	–	–	125	75	50	–			125	75	38	–	75	45	38	–	–	–	–	75	45	25	–	–	800	1 000	
1 000	1 250	0	– 125	0	– 75	0	– 63	–	–	–	–	–	–	–	–	156	94	63	–			156	94	47	–	94	56	47	–	–	–	–	94	56	31	–	–	1 000	1 250	
1 250	1 600	0	– 160	0	– 90	0	– 80	–	–	–	–	–	–	–	–	200	113	80	–			200	113	60	–	120	68	60	–	–	–	–	120	68	40	–	–	1 250	1 600	
1 600	2 000	0	– 200	0	– 120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	250	150	–	–			250	150	–	–	150	90	–	–	–	–	–	–	150	90	–	–	–	1 600	2 000
2 000	2 500	0	– 250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	313	–	–	–			313	–	–	–	188	–	–	–	–	–	–	–	188	–	–	–	–	2 000	2 500

(4) Aro externo (precisión de giro y ancho)

Unidad : μm

Diámetro externo nominal D mm		Desviación radial del aro externo del rodamiento ensamblado K_{ea}										Variación del ancho del aro									
		clase 0	clase 6	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2	clase 5	clase 4	clase 2
más de	hasta	max.										max.									
–	2.5	15	8	5	3	1.5	8	4	1.5	8	5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5
2.5	6	15	8	5	3	1.5	8	4	1.5	8	5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5
6	18	15	8	5	3	1.5	8	4	1.5	8	5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5
18	30	15	9	6	4	2.5	8	4	1.5	8	5	2.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5
30	50	20	10	7	5	2.5	8	4	1.5	8	5	2.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5	5	2.5	1.5
50	80	25	13	8	5	4	8	4	1.5	10	5	4	6	3	1.5	8	4	2.5	8	5	2.5
80	120	35	18	10	6	5	9	5	2.5	11	6	5	10	7	4	15	10	7	11	7	5
120	150	40	20	11	7	5	10	5	2.5	13	7	5	15	10	7	18	10	7	13	8	5
150	180	45	23	13	8	5	10	5	2.5	14	8	5	16	11	7	20	13	8	13	10	7
180	250	50	25	15	10	7	11	7	4	15	10	7	18	11	7	23	15	–	–	–	–
250	315	60	30	18	11	7	13	8	5	18	10	7	22	14	–	–	–	–	–	–	–
315	400	70	35	20	13	8	13	10	7	20	13	8	25	16	–	–	–	–	–	–	–
400	500	80	40	23	15	–	15	12	–	23	15	–	28	18	–	–	–	–	–	–	–
500	630	100	50	25	18	–	18	13	–	25	18	–	32	20	–	–	–	–	–	–	–
630	800	120	60	30	–	–	20	–	–	30	–	–	36	24	–	–	–	–	–	–	–
800	1 000	140	75	40	–	–	23	–	–	40	–	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–
1 000	1 250	160	85	45	–	–	30	–	–	45	–	–	48	–	–	–	–	–	–	–	–
1 250	1 600	190	95	60	–	–	45	–	–	60	–	–	60	–	–	–	–	–	–	–	–
1 600	2 000	220	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2 000	2 500	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

S_D : Perpendicularidad de la superficie exterior del aro exterior con respecto a la cara

S_{ea} : Desviación axial del aro exterior del rodamiento ensamblado

Δ_{CS} : Desviación de la anchura del aro exterior

[Notas]

- 1) Se aplicarán a los rodamientos de las series de diámetros 0, 1, 2, 3 y 4.
- 2) Se aplicará cuando no esté instalado el anillo elástico.
- 3) Se aplicarán a rodamientos rígidos de bolas y rodamientos de bolas de contacto angular.
- 4) No se aplicarán a los rodamientos con bridas.
- 5) Estos no se aplicarán a los rodamientos con tapas y los rodamientos sellados.

[Observación]

7. Tolerancia de los rodamientos

(Refer.) Tabla 7-4 Tolerancias de rodamientos de bolas para instrumentos de medición (serie en pulgadas)
= ANSI/ABMA estándar = (referencia)

(1) Ancho del aro interior y exterior

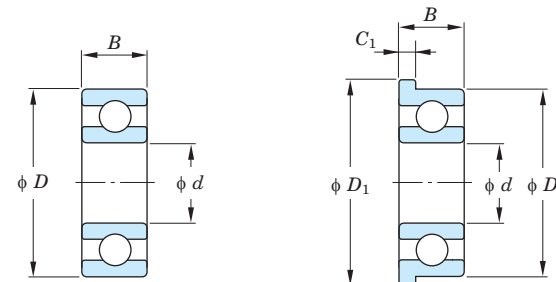
Unidad : μm

Diámetro nominal <i>d</i> mm	Desviación media del diámetro del agujero del plano singular Δ_{dmp}				Desviación del diámetro del agujero único Δ_{ds}				Variación del diámetro del agujero del plano singular V_{dsp}		Variación media del diámetro del agujero V_{dmp}		Desviación radial del aro interior del rodamiento ensamblado K_{ia}				Desviación axial del aro interior del rodamiento ensamblado S_{ia}			Perpendicularidad de la cara del aro interior con respecto al agujero S_d			Desviación de la anchura del aro interior o exterior individual Δ_{Bs}, Δ_{Cs}		Variación del ancho del aro interior o exterior V_{Bs}, V_{Cs}				
	clases 5P, 7P		clase 9P		clases 5P, 7P		clase 9P		clases 5P, 7P		clase 9P		clases 5P, 7P, 9P		clase 5P		clase 7P		clase 9P		clases 5P, 7P, 9P		clase 5P		clase 7P		clase 9P		
	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	max.		max.		max.				max.			max.			superior		inferior		max.		
– 10	0	– 5.1	0	– 2.5	0	– 5.1	0	– 2.5	2.5	1.3	2.5	1.3	3.8	2.5	1.3		7.6	2.5	1.3	7.6	2.5	1.3	0	– 25.4	5.1	2.5	1.3		
10 18	0	– 5.1	0	– 2.5	0	– 5.1	0	– 2.5	2.5	1.3	2.5	1.3	3.8	2.5	1.3		7.6	2.5	1.3	7.6	2.5	1.3	0	– 25.4	5.1	2.5	1.3		
18 30	0	– 5.1	0	– 2.5	0	– 5.1	0	– 2.5	2.5	1.3	2.5	1.3	3.8	3.8	2.5		7.6	3.8	1.3	7.6	3.8	1.3	0	– 25.4	5.1	2.5	1.3		

(2) Aro exterior

Unidad : μm

Diámetro externo nominal <i>D</i> mm	Desviación media del diámetro exterior del plano singular Δ_{Dmp}				Desviación del diámetro exterior singular Δ_{Ds}				Variación del diámetro exterior de un plano singular V_{Dsp}				Variación media del diámetro exterior V_{Dmp}				Desviación radial del aro exterior del rodamiento ensamblado K_{ea}				Desviación axial del aro exterior del rodamiento ensamblado S_{ea}				Perpendicularidad de la superficie del aro exterior con respecto a la cara S_D				Desviación del diámetro exterior singular para el aro exterior con brida Δ_{D1s}				Desviación de la anchura de la brida del aro exterior Δ_{C1s}			
	clases 5P, 7P		clase 9P		clases 5P, 7P		clase 9P		clases 5P, 7P		clase 9P		clases 5P, 7P		clase 9P		clase 5P	clase 7P	clase 9P	clase 5P	clase 7P	clase 9P	clases 5P, 7P		clases 5P, 7P											
					Tipo abierto		Tipo blindado/ sello		Tipo abierto		Tipo blindado/ sello		Tipo abierto		Tipo blindado/ sello																					
					Tipo abierto		Tipo blindado/ sello		Tipo abierto		Tipo blindado/ sello		Tipo abierto		Tipo blindado/ sello																					
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	max.				max.				max.				max.				superior	inferior	superior	inferior							
–	18	0	–5.1	0	–2.5	0	–5.1	+1	–6.1	0	–2.5	2.5	5.1	1.3	2.5	5.1	1.3		5.1	3.8	1.3	7.6	5.1	1.3	7.6	3.8	1.3	0	–25.4	0	–50.8					
18	30	0	–5.1	0	–3.8	0	–5.1	+1	–6.1	0	–3.8	2.5	5.1	2	2.5	5.1	2		5.1	3.8	2.5	7.6	5.1	2.5	7.6	3.8	1.3	0	–25.4	0	–50.8					
30	50	0	–5.1	0	–3.8	0	–5.1	+1	–6.1	0	–3.8	2.5	5.1	2	2.5	5.1	2		5.1	5.1	2.5	7.6	5.1	2.5	7.6	3.8	1.3	0	–25.4	0	–50.8					



d : Diámetro nominal del agujero
 D : Diámetro exterior nominal
 B : Ancho nominal del rodamiento ensamblado
 D_1 : Diámetro nominal exterior de la brida del aro exterior
 C_1 : Anchura nominal de la brida del aro exterior

Table 7-5 (1) Tolerancias para rodamientos de rodillos cónicos serie métrica

= JIS B 1514-1 =

(1) Aro interior

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d mm		Desviación media del diámetro del agujero del plano singular Δ_{dmp}								Desviación del diámetro del agujero singular Δ_{ds}				Variación del diámetro del agujero del plano singular V_{dsp}				Variación media del diámetro del agujero V_{dmp}						Desviación radial del aro interior del rodamiento ensamblado K_{ia}						S_d				S_{ia}				Desviación de ancho de aro interior único Δ_{Bs}										Diámetro nominal del agujero d mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		clases 0, 6X		clases 6, 5		class 4		class 2		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4				class 2		clases 0, 6X		class 6										class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6				class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6		class 5		class 4		class 2		clases 0, 6X		class 6	

 S_d : Perpendicularidad de la cara del aro interior con respecto al agujero S_{ia} : Desviación axial del aro interno del rodamiento ensamblado

(2-1) Aro exterior

Unidad : μm

Diámetro exterior nominal <i>D</i> mm		Desviación media del diámetro exterior del plano único								Desviación del diámetro exterior único				Variación del diámetro exterior del plano único					Variación media del diámetro exterior					Desviación radial del aro exterior del rodamiento ensamblado										Diámetro exterior nominal <i>D</i> mm		
		Δ_{Dmp}								Δ_{Ds}				V_{Dep}					V_{Dmp}																	
		clases 0, 6X		clases 6, 5		clase 4		clase 2		clase 4		clase 2		clases 0, 6X	clase 6	clase 5	clase 4	clase 2	clases 0, 6X	clase 6	clase 5	clase 4	clase 2													
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	max.					max.					max.					max.					más de	hasta	
—	18	0	— 12	0	— 8 ¹⁾	0	— 6	0	— 5	0	— 6	0	— 5	12	—	6	5	4	9	—	5	4	2.5		18	—	6	4	2.5	8	4	1.5	5	2.5	—	18
18	30	0	— 12	0	— 8	0	— 6	0	— 5	0	— 6	0	— 5	12	8	6	5	4	9	6	5	4	2.5		18	9	6	4	2.5	8	4	1.5	5	2.5	18	30
30	50	0	— 14	0	— 9	0	— 7	0	— 5	0	— 7	0	— 5	14	9	7	5	4	11	7	5	5	2.5		20	10	7	5	2.5	8	4	2	5	2.5	30	50
50	80	0	— 16	0	— 11	0	— 9	0	— 6	0	— 9	0	— 6	16	11	8	7	4	12	8	6	5	2.5		25	13	8	5	4	8	4	2.5	5	4	50	80
80	120	0	— 18	0	— 13	0	— 10	0	— 6	0	— 10	0	— 6	18	13	10	8	5	14	10	7	5	3		35	18	10	6	5	9	5	3	6	5	80	120
120	150	0	— 20	0	— 15	0	— 11	0	— 7	0	— 11	0	— 7	20	15	11	8	5	15	11	8	6	3.5		40	20	11	7	5	10	5	3.5	7	5	120	150
150	180	0	— 25	0	— 18	0	— 13	0	— 7	0	— 13	0	— 7	25	18	14	10	7	19	14	9	7	4		45	23	13	8	5	10	5	4	8	5	150	180
180	250	0	— 30	0	— 20	0	— 15	0	— 8	0	— 15	0	— 8	30	20	15	11	8	23	15	10	8	5		50	25	15	10	7	11	7	5	10	7	180	250
250	315	0	— 35	0	— 25	0	— 18	0	— 9	0	— 18	0	— 9	35	25	19	14	8	26	19	13	9	5		60	30	18	11	7	13	8	6	10	7	250	315
315	400	0	— 40	0	— 28	0	— 20	0	— 10	0	— 20	0	— 10	40	28	22	15	10	30	21	14	10	6		70	35	20	13	8	13	10	7	13	8	315	400
400	500	0	— 45	0	— 33 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	45	33	26	—	—	34	25	17	—	—		80	40	24	—	—	17	—	—	—	—	400	500
500	630	0	— 50	0	— 38 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	60	38	30	—	—	38	29	20	—	—		100	50	30	—	—	20	—	—	—	—	500	630
630	800	0	— 75	0	— 45 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	80	45	38	—	—	55	34	25	—	—		120	60	36	—	—	25	—	—	—	—	630	800
800	1 000	0	— 100	0	— 60 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	100	60	50	—	—	75	45	30	—	—		140	75	43	—	—	30	—	—	—	—	800	1 000
1 000	1 250	0	— 125	0	— 80 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	130	75	65	—	—	90	56	38	—	—		160	85	52	—	—	38	—	—	—	—	1 000	1 250
1 250	1 600	0	— 160	0	— 100 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	170	90	90	—	—	100	68	50	—	—		180	95	62	—	—	50	—	—	—	—	1 250	1 600

[Notas] 1) Los valores de la clase 6 se prescriben en las normas JTEKT.

2) Se aplicarán a los rodamientos de la clase de tolerancia 5.

3) No se aplicarán a los rodamientos con bridas.

[Observación] Los valores en cursiva están prescritos en los estándares JTEKT.

(2-2) Aro exterior

Unidad : μm

||
||
||

Tabla 7-5 (2) Tolerancias para rodamientos de rodillos cónicos serie métrica

(3) Ancho del rodamiento ensamblado y ancho efectivo

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d mm		Desviación real del ancho del rodamiento										Desviación real efectiva del ancho de la sub unidad interna							
		Δ_{Ts}										Δ_{T1s}							
		clase 0		clase 6X		clase 6		clases 5, 4		clase 2		clase 0		clase 6X		clases 5, 4		clase 2	
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
—	10	+200	0	+100	0	—	—	+200	−200	+200	−200	+100	0	+50	0	+100	−100	+100	−100
10	18	+200	0	+100	0	+200	0	+200	−200	+200	−200	+100	0	+50	0	+100	−100	+100	−100
18	30	+200	0	+100	0	+200	0	+200	−200	+200	−200	+100	0	+50	0	+100	−100	+100	−100
30	50	+200	0	+100	0	+200	0	+200	−200	+200	−200	+100	0	+50	0	+100	−100	+100	−100
50	80	+200	0	+100	0	+200	0	+200	−200	+200	−200	+100	0	+50	0	+100	−100	+100	−100
80	120	+200	−200	+100	0	+200	−200	+200	−200	+200	−200	+100	−100	+50	0	+100	−100	+100	−100
120	180	+350	−250	+150	0	+350	−250	+350	−250	+200	−250	+150	−150	+50	0	+150	−150	+100	−100
180	250	+350	−250	+150	0	+350	−250	+350	−250	+200	−300	+150	−150	+50	0	+150	−150	+100	−150
250	315	+350	−250	+200	0	+350	−250	+350	−250	+200	−300	+150	−150	+100	0	+150	−150	+100	−150
315	400	+400	−400	+200	0	+400	−400	+400	−400 ¹⁾	—	—	+200	−200	+100	0	+200	−200 ¹⁾	—	—
400	500	+450	−450	+200	0	+400	−400	+450	−450 ¹⁾	—	—	+225	−225	+100	0	+225	−225 ¹⁾	—	—
500	630	+500	−500	—	—	+500	−500	+500	−500 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
630	800	+600	−600	—	—	+600	−600	+600	−600 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1 000	+750	−750	—	—	+750	−750	+750	−750 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Diámetro nominal del agujero d mm		Desviación real efectiva del ancho del aro exterior Δ_{T2s}							
		clase 0		clase 6X		clases 5, 4		clase 2	
		superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
—	10	+100	0	+50	0	+100	—100	+100	—100
10	18	+100	0	+50	0	+100	—100	+100	—100
18	30	+100	0	+50	0	+100	—100	+100	—100
30	50	+100	0	+50	0	+100	—100	+100	—100
50	80	+100	0	+50	0	+100	—100	+100	—100
80	120	+100	—100	+50	0	+100	—100	+100	—100
120	180	+200	—100	+100	0	+200	—100	+100	—150
180	250	+200	—100	+100	0	+200	—100	+100	—150
250	315	+200	—100	+100	0	+200	—100	+100	—150
315	400	+200	—200	+100	0	+200	—200 ⁽¹⁾	—	—
400	500	+225	—225	+100	0	+225	—225 ⁽¹⁾	—	—
500	630	—	—	—	—	—	—	—	—
630	800	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1 000	—	—	—	—	—	—	—	—

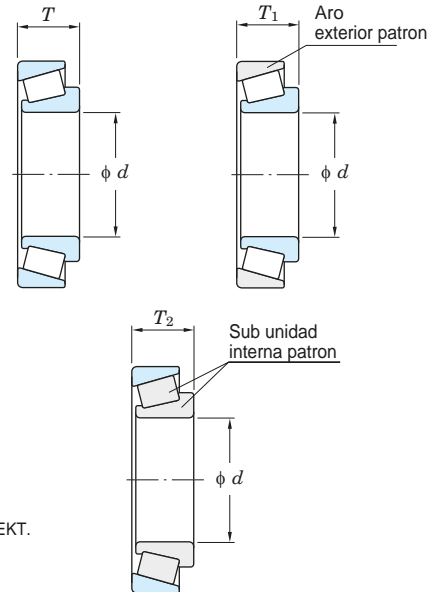
 d : Diámetro nominal del agujero T : Ancho nominal del rodamiento ensamblado T_1 : Ancho nominal efectivo de la subunidad interna T_2 : Ancho nominal efectivo del aro exterior

Tabla 7-6 Tolerancias para series metricas de rodamientos de dos hileras y cuatro hileras de rodillos cónicos (clase 0) = BAS 1002 =

(1) Aro interno, ancho del aro exterior y ancho total

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d mm		Desviación media del diámetro interior del plano singular Δ_{dmp}		Variación del diámetro del agujero del plano singular V_{dsp}	Variación media del diámetro del agujero V_{dmp}	K_{ia}	Desviación del ancho del aro externo o del aro interno $\Delta_{Bs} + \Delta_{Cs}$		Desviación del ancho total de los aros internos / aros externos reales					
									Doble hilera Δ_{Ts}		Cuatro hileras Δ_{Ts}, Δ_{Ws}			
más de	hasta	superior	inferior	max	max	max	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior		
30	50	0	– 12	12	9	20	0	– 120	+ 240	– 240	–	–		
50	80	0	– 15	15	11	25	0	– 150	+ 300	– 300	–	–		
80	120	0	– 20	20	15	30	0	– 200	+ 400	– 400	+ 500	– 500		
120	180	0	– 25	25	19	35	0	– 250	+ 500	– 500	+ 600	– 600		
180	250	0	– 30	30	23	50	0	– 300	+ 600	– 600	+ 750	– 750		
250	315	0	– 35	35	26	60	0	– 350	+ 700	– 700	+ 900	– 900		
315	400	0	– 40	40	30	70	0	– 400	+ 800	– 800	+ 1 000	– 1 000		
400	500	0	– 45	45	34	80	0	– 450	+ 900	– 900	+ 1 200	– 1 200		
500	630	0	– 60	60	40	90	0	– 500	+ 1 000	– 1 000	+ 1 200	– 1 200		
630	800	0	– 75	75	45	100	0	– 750	+ 1 500	– 1 500	–	–		
800	1 000	0	– 100	100	55	115	0	– 1 000	+ 1 500	– 1 500	–	–		

 K_{ia} : Desviación radial del aro interior del rodamiento ensamblado

(2) Aro exterior

Unidad : μm

Diámetro exterior nominal D mm		Desviación media del diámetro exterior del plano único Δ_{Dmp}		Variación del diámetro exterior del plano único V_{Dsp}		Variación media del diámetro exterior V_{Dmp}		K_{ea}	
más de	hasta	superior	inferior	max.	max.	max.	max.	max.	max.
50	80	0	— 16	16	12	25	—	—	—
80	120	0	— 18	18	14	35	—	—	—
120	150	0	— 20	20	15	40	—	—	—
150	180	0	— 25	25	19	45	—	—	—
180	250	0	— 30	30	23	50	—	—	—
250	315	0	— 35	35	26	60	—	—	—
315	400	0	— 40	40	30	70	—	—	—
400	500	0	— 45	45	34	80	—	—	—
500	630	0	— 50	60	38	100	—	—	—
630	800	0	— 75	80	55	120	—	—	—
800	1 000	0	— 100	100	75	140	—	—	—
1 000	1 250	0	— 125	130	90	160	—	—	—
1 250	1 600	0	— 160	170	100	180	—	—	—

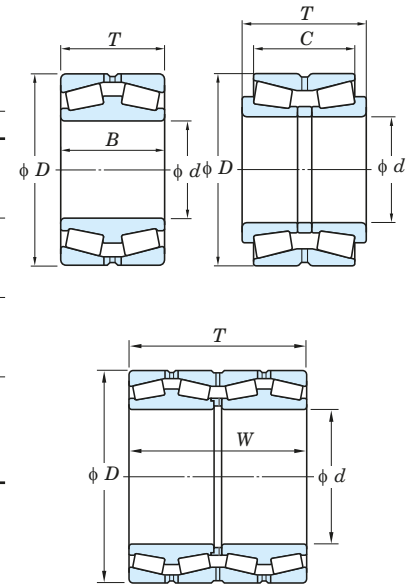
 K_{ea} : Desviación radial del aro exterior del rodamiento ensamblado d : Diámetro nominal del agujero D : Diámetro exterior nominal B : Ancho nominal del aro interno doble C : Ancho nominal del aro externo doble T, W : Ancho total nominal de los aros exteriores (anillos interiores)

Tabla 7-7 Tolerancias y valores admisibles para las series en pulgadas de los rodamientos de rodillos cónicos
= ANSI/ABMA 19 =

(1) Aro interno

Unidad : μm

Tipo de rodamiento aplicado	Diámetro nominal del agujero d , mm (1/25.4)		Desviación del diámetro del orificio único Δ_{ds}									
			clase 4		clase 2		clase 3		clase 0		clase 00	
	más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
Todos los tipos	—	76.2 (3.0)	+ 13	0	+13	0	+13	0	+13	0	+8	0
	76.2 (3.0)	266.7 (10.5)	+ 25	0	+25	0	+13	0	+13	0	+8	0
	266.7 (10.5)	304.8 (12.0)	+ 25	0	+25	0	+13	0	+13	0	+8	0
	304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+ 51	0	+51	0	+25	0	—	—	—	—
	609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+ 76	0	—	—	+38	0	—	—	—	—
	914.4 (36.0)	1 219.2 (48.0)	+102	0	—	—	+51	0	—	—	—	—
	1 219.2 (48.0)	—	+127	0	—	—	+76	0	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(2) Aro exterior

Unidad : μm

	Diámetro exterior nominal D , mm (1/25.4)		Desviación del diámetro exterior único Δ_{Ds}									
			clase 4		clase 2		clase 3		clase 0		clase 00	
	más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
Todos los tipos	—	266.7 (10.5)	+ 25	0	+25	0	+13	0	+13	0	+8	0
	266.7 (10.5)	304.8 (12.0)	+ 25	0	+25	0	+13	0	+13	0	+8	0
	304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+ 51	0	+51	0	+25	0	—	—	—	—
	609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+ 76	0	+76	0	+38	0	—	—	—	—
	914.4 (36.0)	1 219.2 (48.0)	+102	0	—	—	+51	0	—	—	—	—
	1 219.2 (48.0)	—	+127	0	—	—	+76	0	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(3) Desviación radial del aro interior del rodamiento ensamblado / anillo exterior

Unidad : μm

	Diámetro exterior nominal D , mm (1/25.4)		Desviación radial del aro interior / aro exterior K_{ia}, K_{ea}				
			clase 4	clase 2	clase 3	clase 0	clase 00
	más de	hasta	max.	max.	max.	max.	max.
Todos los tipos	—	266.7 (10.5)	51	38	8	4	2
	266.7 (10.5)	304.8 (12.0)	51	38	8	4	2
	304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	51	38	18	—	—
	609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	76	51	51	—	—
	914.4 (36.0)	1 219.2 (48.0)	76	—	76	—	—
	1 219.2 (48.0)	—	76	—	76	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—

(4) Ancho del rodamiento ensamblado y ancho total

Unidad : μm

Tipo de rodamiento aplicado	Diámetro nominal del agujero d , mm (1/25.4)		Diámetro exterior nominal D , mm (1/25.4)		Desviación del ancho real de los rodamientos y del ancho total de los aros internos / aros exteriores $\Delta_{Tis}, \Delta_{Wis}$									
					clase 4		clase 2		clase 3		clases 0,00			
	más de	hasta	más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
Una hilera	—	101.6 (4.0)	—	—	+ 203	0	+ 203	0	+ 203	— 203	+ 203	— 203	+ 203	— 203
	101.6 (4.0)	266.7 (10.5)	—	—	+ 356	— 254	+ 203	0	+ 203	— 203	+ 203	— 203	+ 203	— 203
	266.7 (10.5)	304.8 (12.0)	—	—	+ 356	— 254	+ 203	0	+ 203	— 203	+ 203	— 203	+ 203	— 203 ¹⁾
	304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	—	508.0 (20.0)	—	—	+ 381	— 381	+ 203	— 203	—	—	—	—
	609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	508.0 (20.0)	—	—	—	+ 381	— 381	+ 381	— 381	—	—	—	—
	914.4 (36.0)	1 219.2 (48.0)	—	—	+ 381	— 381	—	—	+ 381	— 381	—	—	—	—
	1 219.2 (48.0)	—	—	—	+ 381	— 381	—	—	+ 381	— 381	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Doble hilera	—	101.6 (4.0)	—	—	+ 406	0	+ 406	0	+ 406	— 406	+ 406	— 406	+ 406	— 406
	101.6 (4.0)	266.7 (10.5)	—	—	+ 711	— 508	+ 406	— 203	+ 406	— 406	+ 406	— 406	+ 406	— 406
	266.7 (10.5)	304.8 (12.0)	—	—	+ 711	— 508	+ 406	— 203	+ 406	— 406	+ 406	— 406	+ 406	— 406 ¹⁾
	304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	—	508.0 (20.0)	—	—	+ 762	— 762	+ 406	— 406	—	—	—	—
	609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	508.0 (20.0)	—	—	—	+ 762	— 762	+ 762	— 762	—	—	—	—
	914.4 (36.0)	1 219.2 (48.0)	—	—	+ 762	— 762	—	—	+ 762	— 762	—	—	—	—
	1 219.2 (48.0)	—	—	—	+ 762	— 762	—	—	+ 762	— 762	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Doble hilera (tipo TNA)	—	127.0 (5.0)	—	—	—	—	+ 254	0	+ 254	0	—	—	—	—
	127.0 (5.0)	—	—	—	—	—	+ 762	0	+ 762	0	—	—	—	—
Cuatro hileras	Rango dimensional total		—	—	+1 524	—1 524	+1 524	—1 524	+1 524	—1 524	+1 524	—1 524	+1 524	—1 524

[Nota] 1) Se aplicarán a los rodamientos de la clase 0.

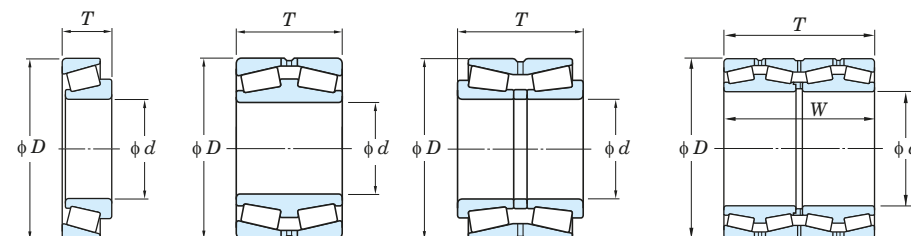
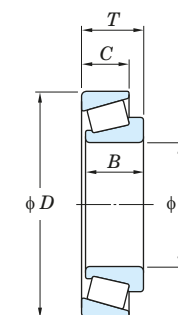
 d : Diámetro nominal del agujero D : Diámetro exterior nominal T, W : Ancho nominal del rodamiento ensamblado y ancho total nominal de los anillos exteriores (anillos interiores)

Table 7-8 Tolerancias para la serie métrica J de los rodamientos de rodillos cónicos¹⁾

(1) Diámetro del agujero y ancho del aro interior y ancho del rodamiento ensamblado

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d mm		Desviación del diámetro del agujero único Δ_{ds}								Desviación del ancho único del aro interior Δ_{Bs}								Desviación del ancho real del rodamiento Δ_{Ts}								Diámetro nominal del agujero d mm	
		clase PK		clase PN		clase PC		clase PB		clase PK		clase PN		clase PC		clase PB		clase PK		clase PN		clase PC		clase PB			
		superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior		
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	más de	hasta
10	18	0	-12	0	-12	0	-7	0	-5	0	-100	0	-50	0	-200	0	-200	+200	0	+100	0	+200	-200	+200	-200	10	18
18	30	0	-12	0	-12	0	-8	0	-6	0	-100	0	-50	0	-200	0	-200	+200	0	+100	0	+200	-200	+200	-200	18	30
30	50	0	-12	0	-12	0	-10	0	-8	0	-100	0	-50	0	-200	0	-200	+200	0	+100	0	+200	-200	+200	-200	30	50
50	80	0	-15	0	-15	0	-12	0	-9	0	-150	0	-50	0	-300	0	-300	+200	0	+100	0	+200	-200	+200	-200	50	80
80	120	0	-20	0	-20	0	-15	0	-10	0	-150	0	-50	0	-300	0	-300	+200	-200	+100	0	+200	-200	+200	-200	80	120
120	180	0	-25	0	-25	0	-18	0	-13	0	-200	0	-50	0	-300	0	-300	+350	-250	+150	0	+350	-250	+200	-250	120	180
180	250	0	-30	0	-30	0	-22	0	-15	0	-200	0	-50	0	-350	0	-350	+350	-250	+150	0	+350	-250	+200	-300	180	250
250	315	0	-35	0	-35	0	-22	0	-15	0	-200	0	-50	0	-350	0	-350	+350	-250	+200	0	+350	-300	+200	-300	250	315

 d : Diámetro nominal del agujero D : Diámetro exterior nominal B : Ancho nominal del aro interior C : Ancho nominal del aro exterior T : Ancho nominal del rodamiento ensamblado

(2) Diámetro exterior y ancho del aro exterior y desviación radial del rodamiento ensamblado aro interior / aro exterior

Unidad : μm

Diámetro exterior nominal D mm		Desviación del diámetro exterior único Δ_{Ds}								Desviación del ancho del aro exterior único Δ_{Cs}								Desviación radial del aro interior / aro exterior K_{ia}, K_{ea}				Diámetro exterior nominal D mm	
		clase PK		clase PN		clase PC		clase PB		clase PK		clase PN		clase PC		clase PB							
		superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	max.	max.	max.	max.				
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior		max.	max.	max.	max.	más de	hasta	
18	30	0	-12	0	-12	0	-8	0	-6	0	-150	0	-100	0	-150	0	-150	18	18	5	3	18	30
30	50	0	-14	0	-14	0	-9	0	-7	0	-150	0	-100	0	-150	0	-150	20	20	6	3	30	50
50	80	0	-16	0	-16	0	-11	0	-9	0	-150	0	-100	0	-150	0	-150	25	25	6	4	50	80
80	120	0	-18	0	-18	0	-13	0	-10	0	-200	0	-100	0	-200	0	-200	35	35	6	4	80	120
120	150	0	-20	0	-20	0	-15	0	-11	0	-200	0	-100	0	-200	0	-200	40	40	7	4	120	150
150	180	0	-25	0	-25	0	-18	0	-13	0	-200	0	-100	0	-250	0	-250	45	45	8	4	150	180
180	250	0	-30	0	-30	0	-20	0	-15	0	-250	0	-100	0	-250	0	-250	50	50	10	5	180	250
250	315	0	-35	0	-35	0	-25	0	-18	0	-250	0	-100	0	-300	0	-300	60	60	11	5	250	315
315	400	0	-40	0	-40	0	-28	-	-	0	-250	0	-100	0	-300	-	-	70	70	13	-	315	400

[Nota] 1) Rodamientos con código suplementario "J" adjunto en la parte delantera del número del rodamiento

Ej. JHM720249/JHM720210, y similares

Tabla 7-9 Tolerancias para rodamientos axiales de bolas= JIS B 1514-2 =

(1) Pista del eje y pista central

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero de la pista central d or d_2 , mm		Desviación media del diámetro del agujero del plano único Δ_{dmp} or Δ_{d2mp}		Desviación del diámetro del agujero del plano único V_{dsp} or V_{d2sp}		Variación del espesor del camino de rodadura a la cara posterior $S_i^{1)2)}$			
		classes 0, 6, 5		class 4		classes 0, 6, 5	class 4	class 0	class 6
		superior	inferior	superior	inferior	max.	max.	max.	max.
más de	hasta								
–	18	0	– 8	0	– 7	6	5	10	5
18	30	0	– 10	0	– 8	8	6	10	5
30	50	0	– 12	0	– 10	9	8	10	6
50	80	0	– 15	0	– 12	11	9	10	7
80	120	0	– 20	0	– 15	15	11	15	8
120	180	0	– 25	0	– 18	19	14	15	9
180	250	0	– 30	0	– 22	23	17	20	10
250	315	0	– 35	0	– 25	26	19	25	13
315	400	0	– 40	0	– 30	30	23	30	15
400	500	0	– 45	0	– 35	34	26	30	18
500	630	0	– 50	0	– 40	38	30	35	21
630	800	0	– 75	0	– 50	55	40	40	25
800	1 000	0	– 100	–	–	75	–	45	30
1 000	1 250	0	– 125	–	–	95	–	50	35

[Notas] 1) Los rodamientos axiales de bolas de doble efecto se incluirán en d de los rodamientos axiales de bolas de simple efecto de la misma serie de diámetro y diámetro exterior nominal.

2) Se aplica únicamente al rodamiento axial de bolas y al rodamiento axial de rodillos cilíndricos con ángulo de contacto de 90° .

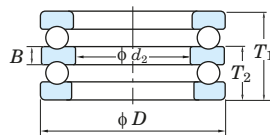
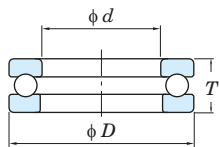
(2) Pista del alojamiento

Unidad : μm

Diámetro nominal exterior D , mm		Desviación media del diámetro exterior del plano único Δ_{Dmp}		Variación del diámetro exterior del plano único V_{Dsp}		Variación del espesor de la pista de rodadura a la cara posterior $S_e^{1)2)}$	
		classes 0, 6, 5		clase 4		classes 0, 6, 5	clase 4
		superior	inferior	superior	inferior	max.	max.
más de	hasta						
10	18	0	– 11	0	– 7	8	5
18	30	0	– 13	0	– 8	10	6
30	50	0	– 16	0	– 9	12	7
50	80	0	– 19	0	– 11	14	8
80	120	0	– 22	0	– 13	17	10
120	180	0	– 25	0	– 15	19	11
180	250	0	– 30	0	– 20	23	15
250	315	0	– 35	0	– 25	26	19
315	400	0	– 40	0	– 28	30	21
400	500	0	– 45	0	– 33	34	25
500	630	0	– 50	0	– 38	38	29
630	800	0	– 75	0	– 45	55	34
800	1 000	0	– 100	0	– 60	75	45
1 000	1 250	0	– 125	–	–	95	–
1 250	1 600	0	– 160	–	–	120	–

[Notas] 1) Estos se aplicarán a la pista con la cara plana solamente.

2) Se aplica únicamente al rodamiento axial de bolas y al rodamiento axial de rodillos cilíndricos con ángulo de contacto de 90° .



d : Diámetro nominal del agujero de la pista del eje

d_2 : Diámetro nominal del agujero de la pista central

D : Diámetro externo nominal de la pista del alojamiento

B : Altura nominal de la pista central

T : Altura nominal del rodamiento (simple efecto)

T_1, T_2 : Altura nominal del rodamiento (doble efecto)

(3) Altura del rodamiento y altura de la pista central

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Simple efecto		Doble efecto			
		Desviación de la altura del rodamiento actual Δ_{Ts}		Desviación de la altura del rodamiento actual $\Delta_{T1s}^{1)}$		Desviación de la altura del rodamiento actual $\Delta_{T2s}^{1)}$	
		clase 0		clase 0		clase 0	
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
–	30	0	– 75	+ 50	– 150	0	– 75
30	50	0	– 100	+ 75	– 200	0	– 100
50	80	0	– 125	+ 100	– 250	0	– 125
80	120	0	– 150	+ 125	– 300	0	– 150
120	180	0	– 175	+ 150	– 350	0	– 175
180	250	0	– 200	+ 175	– 400	0	– 200
250	315	0	– 225	+ 200	– 450	0	– 225
315	400	0	– 300	+ 250	– 600	0	– 300

[Nota] 1) Los rodamientos axiales de bolas de doble efecto se incluirán en d de los rodamientos axiales de bolas de simple efecto de la misma serie de diámetro y diámetro exterior nominal.

[Observación] Los valores en cursiva están prescritos en los estándares JTEKT.

Tabla 7-10 Tolerancias para los rodamientos axiales de rodillos esféricos (clase 0) = JIS B 1514-2 =

(1) Pista del eje

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Desviación media del diámetro del agujero del plano único Δ_{dmp}		Desviación del diámetro del agujero del plano único V_{dsp}		Refer.	
						S_d	Desviación actual de la altura del rodamiento Δ_{Ts}
		superior	inferior	max.	max.	max.	superior inferior
más de	hasta						
50	80	0	– 15	11	25	25	+ 150 – 150
80	120	0	– 20	15	25	25	+ 200 – 200
120	180	0	– 25	19	30	30	+ 250 – 250
180	250	0	– 30	23	30	30	+ 300 – 300
250	315	0	– 35	26	35	35	+ 350 – 350
315	400	0	– 40	30	40	40	+ 400 – 400
400	500	0	– 45	34	45	45	+ 450 – 450

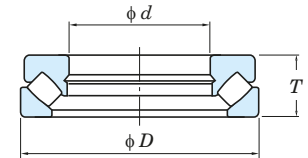
S_d : Perpendicularidad de la cara del aro interior con respecto al agujero

[Observación] Los valores en cursiva están prescritos en los estándares de JTEKT.

(2) Pista de alojamiento

Unidad : μm

Diámetro nominal exterior D , mm		Variación media del diámetro exterior del plano único Δ_{Dmp}	
más de	hasta	superior	inferior
120	180	0	– 25
180	250	0	– 30
250	315	0	– 35
315	400	0	– 40
400	500	0	– 45
500	630	0	– 50
630	800	0	– 75
800	1 000	0	– 100

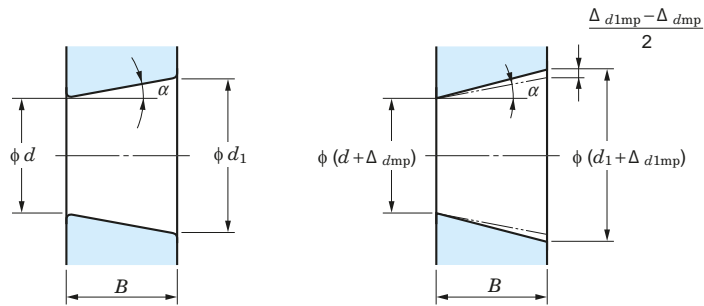


d : Diámetro nominal de la pista del eje

D : Diámetro exterior nominal de la pista del alojamiento

T : Altura nominal del rodamiento

Tabla 7-11 Tolerancias y valores admisibles para agujeros cónicos de rodamientos radiales (clase 0 ... JIS B 1514-1)



Agujero cónico teórico

Desviación media del diámetro del agujero del plano singular con agujero cónico

(1) Agujero básicamente cónico (conicidad 1:12) Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Δd_{mp}		$\Delta d_{1mp} - \Delta d_{mp}$		$V_{dsp}^{1)}$
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	max.
—	10	+ 22	0	+ 15	0	9
10	18	+ 27	0	+ 18	0	11
18	30	+ 33	0	+ 21	0	13
30	50	+ 39	0	+ 25	0	16
50	80	+ 46	0	+ 30	0	19
80	120	+ 54	0	+ 35	0	22
120	180	+ 63	0	+ 40	0	40
180	250	+ 72	0	+ 46	0	46
250	315	+ 81	0	+ 52	0	52
315	400	+ 89	0	+ 57	0	57
400	500	+ 97	0	+ 63	0	63
500	630	+ 110	0	+ 70	0	70
630	800	+ 125	0	+ 80	0	—
800	1 000	+ 140	0	+ 90	0	—
1 000	1 250	+ 165	0	+ 105	0	—
1 250	1 600	+ 195	0	+ 125	0	—

(2) Agujero básicamente cónico (conicidad 1:30) Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Δd_{mp}		$\Delta d_{1mp} - \Delta d_{mp}$		$V_{dsp}^{1)}$
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior	max.
—	50	+ 15	0	+ 30	0	19
50	80	+ 15	0	+ 30	0	19
80	120	+ 20	0	+ 35	0	22
120	180	+ 25	0	+ 40	0	40
180	250	+ 30	0	+ 46	0	46
250	315	+ 35	0	+ 52	0	52
315	400	+ 40	0	+ 57	0	57
400	500	+ 45	0	+ 63	0	63
500	630	+ 50	0	+ 70	0	70

[Nota] 1) Estos se aplicarán a todos los planos radiales con agujero cónico, no se aplicarán a los rodamientos de serie de diámetro 7, 8.

[Observación] 1) Símbolos de cantidad d_1 : Diámetro de referencia en el extremo grande teórico del agujero cónico

$$d_1 = d + \frac{1}{12} B \text{ or } d_1 = d + \frac{1}{30} B$$

Δd_{mp} : desviación media del diámetro del agujero en el plano singular en el extremo pequeño teórico del agujero cónico

Δd_{1mp} : desviación media del diámetro del agujero del plano singular en el extremo grande teórico del agujero cónico

V_{dsp} : variación del diámetro del agujero en el plano singular (una tolerancia para la variación del diámetro dada por un valor máximo que se aplica en cualquier plano radial del agujero)

B : ancho nominal del aro interior

α : $\frac{1}{2}$ del ángulo de conicidad nominal del agujero cónico

(Relación de conicidad 1/12)

$$\alpha = 2^\circ 23' 9.4''$$

$$= 2.385 \ 94^\circ$$

$$= 0.041 \ 643 \text{ rad}$$

(Relación de conicidad 1/30)

$$\alpha = 0^\circ 57' 17.4''$$

$$= 0.954 \ 84^\circ$$

$$= 0.016 \ 665 \text{ rad}$$

Tabla 7-12 Tolerancias y valores admisibles para rodamientos de bolas radiales con bridas

(1) Tolerancias en los diámetros exteriores de la brida Unidad : μm

Diámetro externo de la brida del aro exterior nominal D_1 (mm)		Desviación del diámetro exterior del flanche del aro exterior singular, ΔD_{1s}			
		Brida localizada		Brida no localizada	
más de	hasta	superior	inferior	superior	inferior
—	6	0	— 36	+ 220	— 36
6	10	0	— 36	+ 220	— 36
10	18	0	— 43	+ 270	— 43
18	30	0	— 52	+ 330	— 52
30	50	0	— 62	+ 390	— 62
50	80	0	— 74	+ 460	— 74

(2) Tolerancias y valores admisibles en el ancho de la brida y valores admisibles de la exactitud de giro en relación con las bridas

Unidad : μm

Diámetro nominal exterior D (mm)		Desviación del ancho de la brida del aro exterior único $\Delta C_{1s}^{1)}$	Variación del ancho de la brida del aro exterior $V_{C1s}^{1)}$				Perpendicularidad de la superficie exterior del aro exterior con respecto a la cara posterior de la brida S_{D1}			Desviación axial del rodamiento ensamblado de la brida del aro exterior de la cara posterior S_{ea1}			

7. Tolerancia de los rodamientos

Tabl 7-13 Valores admisibles para dimensiones del chaflam = JIS B 1514-3 =

(1) Rodamiento radial

(rodamiento de rodillos cónicos excluido)

Unidad : mm

r_{\min} o $r_{1\min}$	Diámetro nominal del agujero d mm		r_{\max} o $r_{1\max}$	
	más de	hasta	Dirección radial	Dirección axial
0.05	—	—	0.1	0.2
0.08	—	—	0.16	0.3
0.1	—	—	0.2	0.4
0.15	—	—	0.3	0.6
0.2	—	—	0.5	0.8
0.3	—	40	0.6	1
	40	—	0.8	1
0.6	—	40	1	2
	40	—	1.3	2
1	—	50	1.5	3
	50	—	1.9	3
1.1	—	120	2	3.5
	120	—	2.5	4
1.5	—	120	2.3	4
	120	—	3	5
2	—	80	3	4.5
	80	220	3.5	5
	220	—	3.8	6
2.1	—	280	4	6.5
	280	—	4.5	7
2.5	—	100	3.8	6
	100	280	4.5	6
3	—	280	5	8
	280	—	5.5	8
4	—	—	6.5	9
5	—	—	8	10
6	—	—	10	13
7.5	—	—	12.5	17
9.5	—	—	15	19
12	—	—	18	24
15	—	—	21	30
19	—	—	25	38

[Observaciones]

- El valor de r_{\max} o $r_{1\max}$ en la dirección axial de los rodamientos con ancho nominal inferior a 2 mm debe ser el mismo que el valor en dirección radial.
- No debe especificarse la exactitud de la forma de la superficie del chaflán, pero su contorno en el plano axial no debe situarse fuera del arco circular imaginario con un radio de r_{\min} o $r_{1\min}$ que contacte la cara del aro interior y el agujero, o la cara lateral del aro externo y la superficie exterior.

(2) Rodamientos radiales con anillo elástico (lado de la ranura del anillo elástico) y rodamientos de rodillos cilíndricos (collar axial separable y lado de pestaña suelta)

Unidad : mm

$r_{1\min}$	Diámetro nominal del agujero o diámetro nominal externo d o D		$r_{1\max}$	
	más de	hasta	Dirección radial	Dirección axial
0.2	—	—	0.5	0.5
0.3	—	40	0.6	0.8
	40	—	0.8	0.8
0.5	—	40	1	1.5
	40	—	1.3	1.5
0.6	—	40	1	1.5
	40	—	1.3	1.5
1	—	50	1.5	2.2
	50	—	1.9	2.2
1.1	—	120	2	2.7
	120	—	2.5	2.7
1.5	—	120	2.3	3.5
	120	—	3	3.5
2	—	80	3	4
	80	220	3.5	4
	220	—	3.8	4
2.1	—	280	4	4.5
	280	—	4.5	4.5
2.5	—	100	3.8	5
	100	280	4.5	5
3	—	280	5	5.5
	280	—	5.5	5.5
4	—	—	6.5	6.5
5	—	—	8	8
6	—	—	10	10

[Observación] No debe especificarse la exactitud de la forma de la superficie del chaflán, pero su contorno en el plano axial no debe situarse fuera del arco circular imaginario con un radio de r_{\min} o $r_{1\min}$ que contacte con el lado de la cara del aro interior y el agujero, o la cara lateral del aro externo y la superficie exterior.

(3) Rodamientos de rodillos cilíndricos (lado sin pestaña) y rodamientos de bolas de contacto angular (lado de la cara frontal)

Unidad : mm

$r_{1\min}$	Diámetro nominal del agujero o diámetro nominal externo d o D		$r_{1\max}$	
	mas de	hasta	Dirección radial	Dirección axial
0.1	—	—	0.2	0.4
0.15	—	—	0.3	0.6
0.2	—	—	0.5	0.8
0.3	—	40	0.6	1
	40	—	0.8	1
0.6	—	40	1	2
	40	—	1.3	2
1	—	50	1.5	3
	50	—	1.9	3
1.1	—	120	2	3.5
	120	—	2.5	4
1.5	—	120	2.3	4
	120	—	3	5
2	—	80	3	4.5
	80	220	3.5	5
	220	—	3.8	6

[Observación] No debe especificarse la exactitud de la forma de la superficie del chaflán, pero su contorno en el plano axial no debe situarse fuera del arco circular imaginario con un radio de r_{\min} o $r_{1\min}$ que contacte con el lado plano del aro interior y el agujero, o la cara lateral del aro externo y la superficie

(4) Rodamiento de rodillos cónicos serie métrica

Unidad : mm

r_{\min} o $r_{1\min}$	Diámetro nominal del agujero o diámetro nominal externo ¹⁾ d o D , mm		r_{\max} o $r_{1\max}$	
	más de	hasta	Dirección radial	Dirección axial
0.3	—	40	0.7	1.4
	40	—	0.9	1.6
0.6	—	40	1.1	1.7
	40	—	1.3	2
1	—	50	1.6	2.5
	50	—	1.9	3
1.5	—	120	2.3	3
	120	250	2.8	3.5
	250	—	3.5	4
2	—	120	2.8	4
	120	250	3.5	4.5
	250	—	4	5
2.5	—	120	3.5	5
	120	250	4	5.5
	250	—	4.5	6
3	—	120	4	5.5
	120	250	4.5	6.5
	250	400	5	7
	400	—	5.5	7.5
4	—	120	5	7
	120	250	5.5	7.5
	250	400	6	8
	400	—	6.5	8.5
5	—	180	6.5	8
	180	—	7.5	9
6	—	180	7.5	10
	180	—	9	11
7.5	—	—	12.5	17
9.5	—	—	15	19

[Nota] 1) El aro interior sera incluido en la división d , y el aro exterior, en la división D .

[Observaciones]

- No debe especificarse la exactitud de la forma de la superficie del chaflán, pero su contorno en el plano axial no debe situarse fuera del arco circular imaginario con un radio de r_{\min} o $r_{1\min}$ que contacte con el lado posterior del aro interior y agujero, o la cara lateral del aro externo y la superficie exterior.

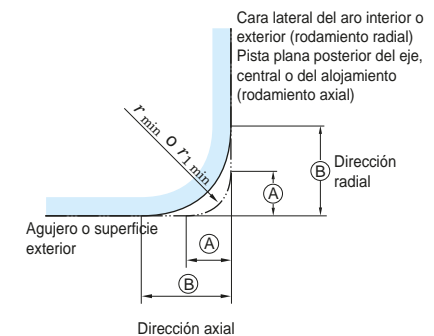
- Los valores en cursiva se proporcionan en los estándares JTEKT.

(5) Rodamiento axial

Unidad : mm

r_{\min} o $r_{1\min}$	r_{\max} o $r_{1\max}$
	Dirección radial y axial
0.05	0.1
0.08	0.16
0.1	0.2
0.15	0.3
0.2	0.5
0.3	0.8
0.6	1.5
1	2.2
1.1	2.7
1.5	3.5
2	4
2.1	4.5
3	5.5
4	6.5
5	8
6	10
7.5	12.5
9.5	15
12	18
15	21
19	25

[Nota] No debe especificarse la exactitud de la forma de la superficie del chaflán, pero su contorno en el plano axial no debe situarse fuera del arco circular imaginario con un radio de r_{\min} o $r_{1\min}$ que entra en contacto con el eje o la cara central y agujero, o la cara lateral del aro externo y la superficie exterior.



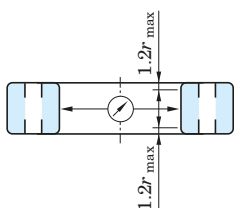
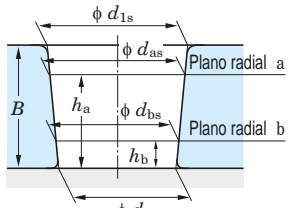
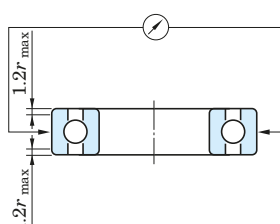
(A) : r_{\min} o $r_{1\min}$
(B) : r_{\max} o $r_{1\max}$

7-2 Método de la medición de la tolerancia (referencia)

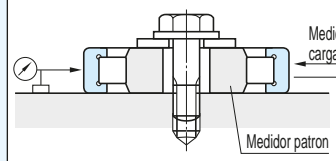
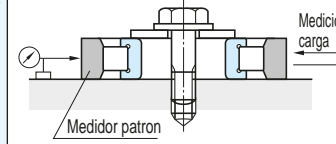
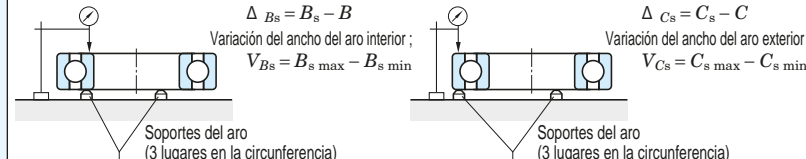
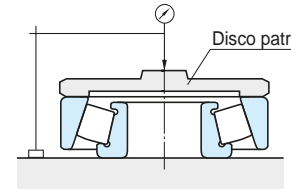
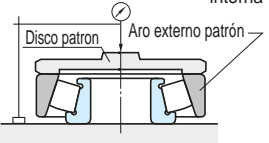
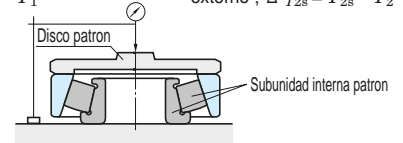
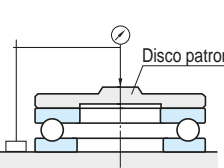
Los detalles sobre los métodos de medición de los rodamientos están prescritos en JIS B 1515.

Esta sección describe los métodos de medición para la exactitud dimensional y de funcionamiento.

Precisión dimensional (1)

Diámetro del agujero (d) Rodamientos de agujero cilíndrico	<p>Obtenga el valor máximo ($d_{sp \max}$) y el valor mínimo ($d_{sp \min}$) del diámetro del agujero (d_s) adquirido en un solo plano radial. Obtenga el diámetro medio del agujero (d_{mp}) como el valor medio aritmético del valor máximo ($d_{sp \max}$) y los valores mínimos ($d_{sp \min}$).</p>  $d_{mp} = \frac{d_{sp \max} + d_{sp \min}}{2}$ <p>Desviación media del diámetro del agujero del plano único ; $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$ Variación del diámetro del agujero del plano único ; $V_{dsp} = d_{sp \max} - d_{sp \min}$ Variación media del diámetro del agujero ; $V_{dmp} = d_{mp \max} - d_{mp \min}$ Desviación del diámetro exterior único ; $\Delta_{ds} = d_s - d$</p>
Diámetro del agujero (d) Rodamientos de agujero cónico	<p>Diámetro del agujero en el extremo pequeño teórico y diámetro del agujero en el extremo grande teórico ;</p>  $d_s = \frac{d_{bs} \cdot h_a - d_{as} \cdot h_b}{h_a - h_b}$ $d_{1s} = \frac{d_{as}(B - h_b) - d_{bs}(B - h_a)}{h_a - h_b}$ <p>Desviación media del diámetro del agujero del plano único en el extremo pequeño teórico ; $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$ Desviación de la conicidad ; $(\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}) = (d_{1mp} - d_1) - (d_{mp} - d)$ Variación del diámetro del agujero del plano único ; $V_{dsp} = d_{sp \max} - d_{sp \min}$</p>
Diámetro exterior (D)	<p>Obtenga el diámetro exterior medio del plano único (D_{mp}) como el valor medio aritmético del valor máximo ($D_{sp \max}$) y el valor mínimo ($D_{sp \min}$) de los diámetros exteriores (D_s) adquiridos en el plano radial único.</p>  $D_{mp} = \frac{D_{sp \max} + D_{sp \min}}{2}$ <p>Desviación media del diámetro exterior del plano único ; $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$ Desviación del diámetro exterior en un plano singular ; $V_{Dsp} = D_{sp \max} - D_{sp \min}$ Variación media del diámetro exterior ; $V_{Dmp} = D_{mp \max} - D_{mp \min}$ Desviación del diámetro exterior único ; $\Delta_{Ds} = D_s - D$</p>

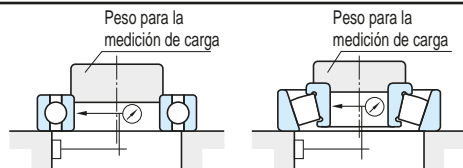
Precisión dimensional(2)

Diámetro del agujero del conjunto de rodillos (F_w)	 <p>Desviación del diámetro del agujero del conjunto de rodillos ; $\Delta_{Fw} = (d_G + \delta_{1m}) - F_w$ Desviación del diámetro mínimo del diámetro del agujero del conjunto de rodillos ; $\Delta_{Fw \min} = (d_G + \delta_{1min}) - F_w$ (d_G) Diámetro exterior del medidor patrón (δ_{1m}) Valor medio aritmético de la cantidad de movimiento del aro exterior (δ_{1min}) Valor mínimo de la cantidad de movimiento del aro exterior</p>
Diámetro exterior del conjunto de rodillos (E_w)	 <p>Desviación del diámetro exterior del conjunto de rodillos ; $\Delta_{Ew} = (D_G + \delta_{2m}) - E_w$ (D_G) Diámetro del agujero del medidor patrón (δ_{2m}) Valor medio aritmético de la cantidad de movimiento del medidor patrón</p>
Ancho del aro interior (B) Ancho del aro exterior (C)	<p>Desviación del ancho del aro interior único ; $\Delta_{Bs} = B_s - B$ Variación del ancho del aro interior ; $V_{Bs} = B_{s \max} - B_{s \min}$</p> <p>Desviación del ancho del aro exterior único ; $\Delta_{Cs} = C_s - C$ Variación del ancho del aro exterior ; $V_{Cs} = C_{s \max} - C_{s \min}$</p> 
Ancho del rodamiento ensamblado del rodamiento de rodillos cónicos (T)	 <p>Desviación del ancho real del rodamiento ; $\Delta_T = T_s - T$</p>
Ancho efectivo nominal del rodamiento de rodillos cónicos (T_1, T_2)	 <p>Desviación del ancho real efectivo de la subunidad interna ; $\Delta_{T1s} = T_{1s} - T_1$</p>  <p>Desviación del ancho real efectivo del aro externo ; $\Delta_{T2s} = T_{2s} - T_2$</p>
Altura nominal del rodamiento axial de bolas con caras planas (T, T_1)	 <p>Desviación de la altura real del rodamiento ; $\Delta_{Ts} = T_s - T$ (simple efecto) $\Delta_{T1s} = T_{1s} - T_1$ (doble efecto)</p>

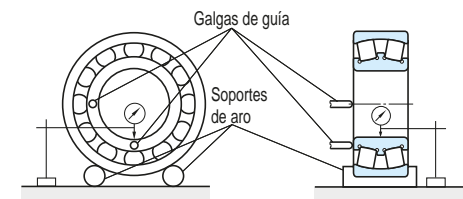
Precisión de marcha (1)

 K_{ia}

Desviación radial del aro interior del rodamiento ensamblado

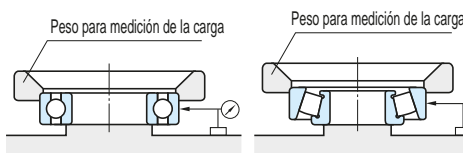
 (K_{ia}) 

La desviación radial del aro interior (K_{ia}) se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando el aro interior ha sido girado en una rotación.

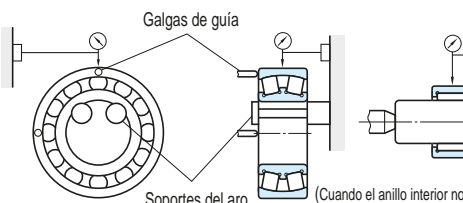


[Nota]
La medición de la desviación radial del aro interior de rodamientos de rodillos cilíndricos, rodamientos de agujas con aros mecanizados, rodamientos de bolas auto alineables y rodamientos de rodillos esféricos se llevarán a cabo mediante la fijación del aro exterior con soportes de aro.

Desviación radial del aro exterior del rodamiento ensamblado

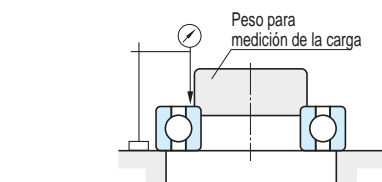
 (K_{ea}) 

La medición de la desviación del aro exterior (K_{ea}) se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando el aro exterior ha sido girado en una rotación.



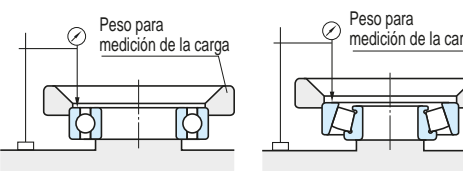
[Nota]
La medición de la desviación radial del aro exterior de rodamientos de rodillos cilíndricos, rodamientos de agujas con aros mecanizados, rodamientos de bolas auto alineables y rodamientos de rodillos esféricos se llevarán a cabo mediante la fijación del aro interior con soportes de aro.

Desviación axial del aro interno del rodamiento ensamblado

 (S_{ia}) 

El desplazamiento axial del aro interior (S_{ia}) se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando el aro interior ha sido girado en una rotación.

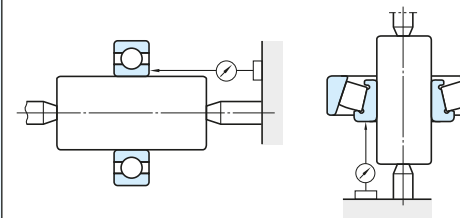
Desviación axial del aro externo del rodamiento ensamblado

 (S_{ea}) 

El desplazamiento axial del aro exterior (S_{ea}) se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando el anillo exterior ha sido girado en una rotación.

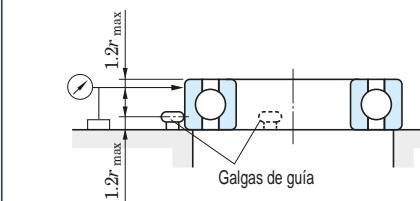
Precisión de marcha (2)

Perpendicularidad de la cara del aro interior con respecto al agujero

 (S_d) 

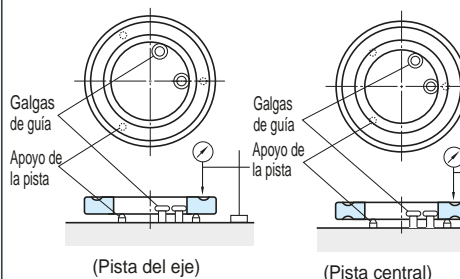
La perpendicularidad de la cara del aro interior (S_d) se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando el aro interior ha sido girado a través de una rotación con el eje cónico.

Perpendicularidad de la superficie exterior del aro exterior con respecto a la cara

 (S_D) 

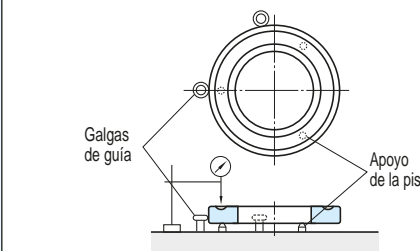
La perpendicularidad de la superficie exterior del anillo exterior (S_D) se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando el anillo exterior ha sido girado a través de una rotación a lo largo de la galga guía.

Variación del espesor del camino de rodadura de la pista del eje / central con respecto a la cara plana del rodamiento axial de bolas con cara plana

 (S_i) 

La medición de la variación del espesor (S_i) del camino de rodadura del eje se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando la pista del eje ha sido girada una rotación a lo largo de las galgas de guía. Para la pista central, realizar la misma medición para las dos ranuras de la pista para obtener la variación de espesor de la pista de rodadura (S_i).

Variación del espesor del camino de rodadura de la pista del alojamiento del rodamiento axial de bolas de cara plana

 (S_e) 

La medición de la variación del espesor (S_e) de la pista de rodadura del alojamiento se obtendrá como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las lecturas del instrumento de medida, cuando la pista del alojamiento ha sido girada a lo largo de las galgas guía.

8. Límite de velocidad

La velocidad de rotación de un rodamiento se ve afectada normalmente por el calor de fricción generado en el rodamiento. Si el calor excede una cierta cantidad, se producen agarrotamientos u otras fallas, lo que provoca la interrupción de la rotación.

La velocidad límite es la velocidad más alta a la cual un rodamiento puede funcionar continuamente sin generar tal calor crítico.

La velocidad límite varía dependiendo de varios factores incluyendo el tipo de rodamiento, dimensiones y su precisión, lubricación, tipo y cantidad de lubricante, formas de jaulas y materiales y condiciones de carga, etc.

La velocidad límite determinada para lubricación con grasa y lubricación con aceite (baño de aceite) para cada tipo de rodamientos se indica en la tabla de especificaciones de los rodamientos.

Estas velocidades se aplican cuando, rodamientos de diseño estándar giran bajo condiciones normales de carga (aproximadamente, $C/P \geq 16^*$, $F_a / F_r \leq 0,25$).

Cada lubricante tiene un rendimiento superior en uso, según el tipo.

Algunos no son adecuados para alta velocidad; cuando la velocidad de rotación del rodamiento supere el 80% de la especificación de los catálogos, consulte con JTEKT.

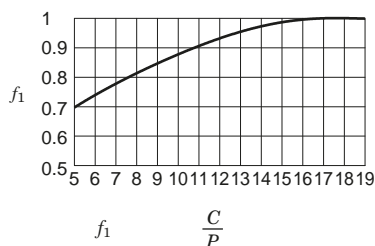


Fig. 8-1a Valores del coeficiente de corrección f_1 de la magnitud de carga (Excluye rodamientos de tipo K y rodamientos de ejes de material rodante ferroviario)

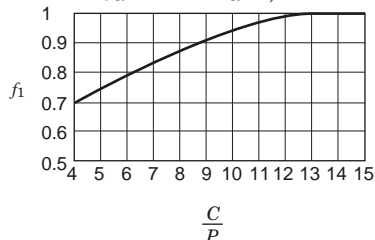


Fig. 8-1b Valores del coeficiente de corrección f_1 de la magnitud de carga (Rodamientos de tipo K y rodamientos de ejes de material rodante ferroviario)

8-1 Corrección del límite de velocidad

Cuando la condición de carga es $C/P < 16^*$, es decir, la carga dinámica equivalente P excede aproximadamente el 6 % de la capacidad de carga dinámica básica C , o cuando una carga combinada en la que la carga axial es superior al 25% de la carga radial aplicada, el límite de velocidad se debe corregir usando la ecuación (8-1):

$$n_a = f_1 \cdot f_2 \cdot n \quad (8-1)$$

donde :

- n_a : Velocidad límite corregida min^{-1}
- f_1 : Coeficiente de corrección determinado a partir de la magnitud de la carga (figura 8-1)
- f_2 : Coeficiente de corrección determinado de la carga combinada (Fig. 8-2)
- n : Velocidad límite bajo la condición de carga normal min^{-1}
(valores en la tabla de especificación de los rodamientos)
- C : Capacidad de carga dinámica básica N
- P : Carga dinámica equivalente N
- F_r : Carga radial N
- F_a : Carga axial N

* 13 (8%) para rodamientos tipo K y rodamientos de ejes de material rodante ferroviario

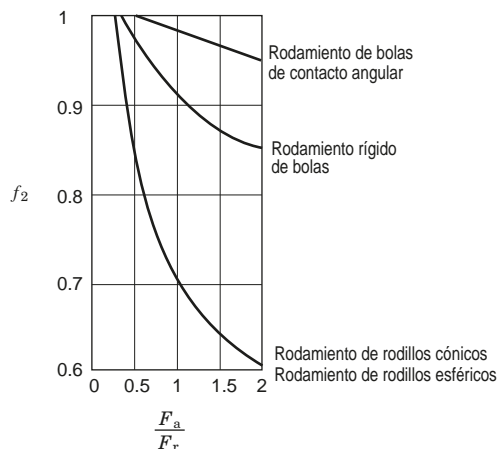


Fig. 8-2 Valores del coeficiente de corrección f_2 de la carga combinada

8-2 Velocidad límite para rodamientos de bolas sellados

La velocidad límite de los rodamientos de bolas con un sello de contacto (tipo RS, RK) se determina por la velocidad del rozamiento a la que el sello entra en contacto con el aro interior. Estas velocidades de fricción permitidas varían dependiendo de los materiales de caucho del sello, y, para rodamientos de bolas con el sello de tipo de contacto estándar Koyo (NBR), se utiliza una velocidad de fricción de 15 m / s.

8-3 Consideraciones para alta velocidad

Cuando se utilizan rodamientos para alta velocidad, especialmente cuando la velocidad de rotación se aproxima a la velocidad límite o la excede, debe considerarse lo siguiente:

(Para más información sobre alta velocidad, consultar con JTEKT).

(1) Uso de rodamientos de alta precisión

(2) Estudio del juego interno adecuado

(La reducción en el espacio interno causado por el aumento de la temperatura debe ser considerado)

(3) Selección del tipo y material de la jaula

(Para alta velocidad, la aleación de cobre o la resina fenólica de jaula mecanizada son convenientes. También están disponibles las jaulas moldeadas de resina sintética para alta velocidad.)

(4) Selección de la lubricación adecuada

(La lubricación adecuada para alta velocidad debe ser la lubricación por chorro, la lubricación con neblina de aceite y la lubricación con aire y aceite, etc.)

8-4 Coeficiente de fricción (referencia)

El momento de fricción de los rodamientos se puede comparar fácilmente con el de los cojinetes lisos. El momento de fricción de los rodamientos puede obtenerse a partir de su diámetro interior, utilizando la siguiente ecuación:

$$M = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2} \quad (8-2)$$

donde :

- M : Momento friccional $\text{mN} \cdot \text{m}$
- μ : Coeficiente de fricción
- P : Carga en el rodamiento N
- d : Diámetro nominal del agujero mm

El coeficiente de fricción depende en gran medida del tipo de rodamiento, carga del rodamiento, velocidad de rotación y lubricación, etc.

Los valores de referencia para el coeficiente de fricción durante el funcionamiento estable en condiciones normales de funcionamiento se enumeran en la Tabla 8-1.

Para los cojinetes lisos, el valor es normalmente 0,01 a 0,02; Pero, en ciertos casos, es de 0,1 a 0,2.

Table 8-1 Coeficiente de fricción μ

Tipo de rodamiento	Coeficiente de fricción μ
Rodamiento rígido de bolas	0.001 0 – 0.001 5
Rodamiento de bolas de contacto angular	0.001 2 – 0.002 0
Rodamiento de bolas auto alineable	0.000 8 – 0.001 2
Rodamiento de rodillos cilíndricos	0.000 8 – 0.001 2
Rodamiento de agujas del tipo del complemento completo	0.002 5 – 0.003 5
Rodillos de agujas y corona de agujas	0.002 0 – 0.003 0
Rodamiento de rodillos cónicos	0.001 7 – 0.002 5
Rodamiento de rodillos esféricos	0.002 0 – 0.002 5
Rodamiento axial de bolas	0.001 0 – 0.001 5
Rodamiento axial de rodillos esféricos	0.002 0 – 0.002 5

2) Efecto de la magnitud de la carga

Cuando se aplica una carga radial, el aro interior se expandirá ligeramente. Dado que esta expansión aumenta la circunferencia del agujero particularmente, se reduce la interferencia inicial.

La reducción se puede calcular mediante las siguientes ecuaciones:

[En el caso de $F_r \leq 0.25 C_0$]

$$\Delta_{dF} = 0.08 \sqrt{\frac{d}{B}} \cdot F_r \times 10^{-3} \dots\dots\dots (9-1)$$

[En el caso de $F_r > 0.25 C_0$]

$$\Delta_{dF} = 0.02 \frac{F_r}{B} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (9-2)$$

donde:

Δ_{dF} : Reducción de la interferencia del aro interior mm
 d : Diámetro nominal del agujero del rodamiento mm
 B : Ancho nominal del aro interior mm
 F_r : Carga radial N
 C_0 : Capacidad de carga estática N

En consecuencia, cuando la carga radial supera el valor C_0 en más del 25%, se necesita una mayor interferencia.

Se necesita mucha mayor interferencia cuando se esperan cargas de impacto.

3) Efecto de la rugosidad de la superficie de ajuste

La interferencia efectiva obtenida después del montaje difiere de la interferencia calculada debido a la deformación plástica de la superficie de ajuste del aro.

Cuando se monta el aro interior, la interferencia efectiva, sujeto al efecto del acabado de la superficie de ajuste, se puede aproximar mediante las siguientes ecuaciones:

[En el caso de un eje basto]

$$\Delta_{deff} \approx \frac{d}{d+2} \Delta_d \dots\dots\dots (9-3)$$

[En el caso de un eje torneado]

$$\Delta_{deff} \approx \frac{d}{d+3} \Delta_d \dots\dots\dots (9-4)$$

donde:

Δ_{deff} : Interferencia efectiva mm
 Δ_d : Interferencia calculada mm
 d : diámetro nominal del agujero del rodamiento mm

4) Efecto de la temperatura

Un rodamiento tiene, generalmente, una temperatura de funcionamiento, superior a la temperatura ambiente. Cuando el aro interior funciona bajo carga, su temperatura, generalmente, es mayor que la del eje y la interferencia efectiva disminuye debido a la mayor expansión térmica del aro interior.

Si la diferencia de temperatura asumida entre el interior del rodamiento y el alojamiento circundante es de Δt , la diferencia de temperatura en las superficies de ajuste del aro interior y el eje será aproximadamente $(0,10 \text{ a } 0,15) \times \Delta t$.

La reducción de la interferencia (Δ_{dt}) debido a la diferencia de temperatura se expresa entonces como sigue:

$$\Delta_{dt} = (0.10 \text{ to } 0.15) \Delta t \cdot \alpha \cdot d \\ \approx 0.00153 \Delta t \cdot d \times 10^{-3} \dots\dots\dots (9-5)$$

Donde :

Δ_{dt} : Reducción de la interferencia debida a la diferencia de temperatura mm
 Δt : Diferencia de temperatura entre el interior del rodamiento y el alrededor del alojamiento °C
 α : Coeficiente de expansión lineal del acero de rodamiento ($\approx 12.5 \times 10^{-6}$) 1/°C
 d : Diámetro nominal del agujero del rodamiento mm

Por consiguiente, cuando un rodamiento esta a más temperatura que el eje, se requiere una mayor interferencia.

Sin embargo, una diferencia en la temperatura o en el coeficiente de expansión puede a veces aumentar la interferencia entre el aro externo y el alojamiento. Por lo tanto, cuando se proporciona espacio libre para acomodar la expansión térmica del eje, se debe tener cuidado.

5) Máximo esfuerzo debido al ajuste

Cuando un rodamiento está equipado con interferencia, el aro del rodamiento se expandirá o contraerá, generando tensión interna.

Si este esfuerzo es excesivo, el aro del rodamiento puede fracturarse.

La tensión máxima de la fijación para el rodamiento se determina mediante la ecuación de la Tabla 9-2.

En general, para evitar la fractura, es mejor ajustar la interferencia máxima a menos de 1/1 000 del diámetro del eje, o la tensión máxima (σ), determinada por la ecuación en la Tabla 9-2, debe ser menor que 120 MPa.

6) Otras consideraciones

Cuando se requiere un alto grado de precisión, se debe mejorar la tolerancia del eje y del alojamiento. Dado que el alojamiento es, generalmente, menos fácil de mecanizar con precisión que el eje, es aconsejable utilizar un ajuste de holgura en el aro exterior.

Con ejes huecos o alojamientos de sección delgada, se necesita una interferencia mayor que la normal.

Con alojamientos divididos, por otro lado, se necesita una menor interferencia con el aro exterior.

Cuando el alojamiento está hecho de aluminio u otra aleación de metal ligero, se necesita una interferencia relativamente mayor que la normal.

En tal caso, consulte con JTEKT.

Tabla 9-2 Máxima tensión generada en los rodamientos

Eje & aro interior	Agujero del alojamiento & aro externo
(En el caso del eje hueco)	(En el caso de $D_h \neq \infty$)
$\sigma = \frac{E}{2} \cdot \frac{\Delta_{deff}}{d} \cdot \frac{\left(1 - \frac{d_0^2}{d^2}\right) \left(1 + \frac{d^2}{D_i^2}\right)}{\left(1 - \frac{d_0^2}{D_i^2}\right)}$	$\sigma = E \cdot \frac{\Delta_{deff}}{D} \cdot \frac{\left(1 - \frac{D^2}{D_h^2}\right)}{\left(1 - \frac{D_e^2}{D_h^2}\right)}$
(En el caso del eje sólido)	(En el caso de $D_h = \infty$)
$\sigma = \frac{E}{2} \cdot \frac{\Delta_{deff}}{d} \cdot \left(1 + \frac{d^2}{D_i^2}\right)$	$\sigma = E \cdot \frac{\Delta_{deff}}{D}$

donde :

σ : Esfuerzo máximo MPa
 d : Diámetro nominal del agujero (diámetro del eje) mm
 D_i : Diámetro de contacto del camino de rodadura del aro interior mm
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{rodamiento de bolas} \dots D_i \approx 0.2 (D + 4d) \\ \text{rodamiento de rodillos} \dots D_i \approx 0.25 (D + 3d) \end{array} \right.$
 Δ_{deff} : Interferencia efectiva del aro interior mm
 d_0 : Diámetro del agujero del eje hueco mm
 D_e : Diámetro de contacto del camino de rodadura del aro exterior mm
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{rodamiento de bolas} \dots D_e \approx 0.2 (4D + d) \\ \text{rodamiento de rodillos} \dots D_e \approx 0.25 (3D + d) \end{array} \right.$
 D : Diámetro exterior nominal (Diámetro del agujero del alojamiento) mm
 Δ_{deff} : Interferencia efectiva del aro exterior mm
 D_h : Diámetro exterior del alojamiento mm
 E : Módulo de young 2.08×10^5 MPa

[Observación] Las ecuaciones anteriores son aplicables cuando el eje y el alojamiento son de acero. Cuando se utilizan otros materiales, JTEKT debe ser consultado.

9-4 Ajuste recomendado

Como se describe en la Sección 9-3, deben considerarse las características / magnitud de la carga del rodamiento, la temperatura, los métodos de montaje / desmontaje y otras condiciones para elegir los ajustes adecuados.

La experiencia pasada también es valiosa.

La Tabla 9-3 muestra los ajustes estándar para los rodamientos de la serie métrica; Las tablas 9-4 a 9-8 tabulan los ajustes más típicos y recomendados para diferentes tipos de rodamientos.

Tabla 9-3 Ajustes estándares para rodamientos de series métricas ¹⁾

(1) Ajustes para el diámetro del agujero ²⁾ de los rodamientos radiales

Clase de rodamiento	Carga giratoria en el aro interior o carga de dirección indeterminada						Carga fija en el aro interno			
	Rango de la clase de tolerancia del eje									
Clases 0, 6X, 6	r 6	p 6	n 6	m 6 m 5	k 6 k 5	js 6 js 5	h 5	h 6 h 5	g 6 g 5	f 6
Clase 5	—	—	—	m 5	k 4	js 4	h 4	h 5	—	—
Ajuste	Ajuste de interferencia					Ajuste de transición				Ajuste deslizante

(2) Ajustes para diámetro exterior ²⁾ de rodamientos radiales

Clase de rodamiento	Carga fija en el aro externo				Carga de dirección indeterminada o carga giratoria en el aro exterior				
	Rango de la clase de tolerancia del agujero del alojamiento								
Clases 0, 6X, 6	G 7	H 7 H 6	JS 7 JS 6	–	JS 7 JS 6	K 7 K 6	M 7 M 6	N 7 N 6	P 7
Clase 5	–	H 5	JS 5	K 5	–	K 5	M 5	–	–
Ajuste	Ajuste deslizante		Ajuste de transición						Ajuste de interferencia

(3) Ajustes para el diámetro del agujero ²⁾ de rodamientos axiales

Clase de rodamiento	Carga axial central (Generalmente para rodamientos axiales)		Carga combinada (en el caso del rodamiento axial de rodillo esférico)			
			Carga rotativa en la pista del eje o Carga de dirección indeterminada		Carga estacionaria de la pista del eje	
	Rango de la clase de tolerancia del eje					
Clases 0, 6	js 6	h 6	n 6	m 6	k 6	js 6
Ajuste	Ajuste de transición		Ajuste de interferencia			Ajuste de transición

(4) Ajustes para el diámetro exterior ²⁾ de rodamientos axiales

Clase de rodamiento	Carga axial central (Generalmente para rodamientos axiales)		Carga combinada (en el caso del rodamiento axial de rodillos esféricos)				
			Carga estacionaria de la pista de alojamiento o Carga de dirección indeterminada		Carga rotativa en la pista de alojamiento		
	Rango de la clase de tolerancia del agujero del alojamiento						
Clases 0, 6	–	H 8	G 7	H 7	JS 7	K 7	M 7
Ajuste	Ajuste deslizante				Ajuste de transición		

[Notas] 1) Rodamientos especificados en JIS B 1512.

2) Siga las normas JIS B 1514-1 y 1514-2 para la tolerancia.

Tabla 9-4 (1) Ajustes recomendados en los ejes para rodamientos radiales (clases 0, 6X, 6)

Condiciones ¹⁾		Rodamientos de bolas	Rodamiento de rodillos cilíndricos Rodamiento de rodillos cónicos		Rodamiento de rodillos esféricos	Rango de la clase de tolerancia del eje	Observaciones	Aplicaciones (para referencias)		
		Diámetro del eje (mm)								
		más de	hasta	más de	hasta				más de	hasta
Rodamiento de agujero cilíndrico (clases 0, 6X, 6)										
Carga giratoria en el aro interior o carga de dirección indeterminada	Carga ligera o carga fluctuante $\left(\frac{P_r}{C_r} \leq 0.05\right)$	— 18	— —	— —	h 5	Para aplicaciones que requieran alta precisión, js 5, k 5 y m 5 deben usarse en lugar de js 6, k 6 y m 6.	Aparatos eléctricos, máquinas herramientas, bombas, ventiladores, soportes, etc.			
		18 100	— 40	— —	js 6					
	100 200	40 140	— —	k 6						
	Carga normal $\left(0.05 < \frac{P_r}{C_r} \leq 0.10\right)$	— —	140 200	— —	m 6	Los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos y rodamientos de bolas de contacto angular, k 5 y m 5 se pueden reemplazar por k 6 y m 6, ya que no es necesario considerar la reducción del juego interno debido al ajuste.	Motores eléctricos, turbinas, motores de combustión interna, máquinas para trabajar la madera, etc.			
		— 18	— —	— —	js 5					
		18 100	— 40	— 40	k 5					
		100 140	40 100	40 65	m 5					
		140 200	100 140	65 100	m 6					
		200 280	140 200	100 140	n 6					
	Carga pesada o de impacto $\left(\frac{P_r}{C_r} > 0.10\right)$	— —	50 140	50 100	n 6	Se requieren rodamientos con un juego interno mayor que el estándar.	Ejes de vagones de ferrocarril, motores de tracción			
— —		140 200	100 140	p 6						
Carga estacionaria del aro interior	El anillo interno necesita moverse suavemente en el eje.	Todos los diámetros del eje			g 6	Para aplicaciones que requieran alta precisión, se debe usar g5. Para rodamientos de gran tamaño, f 6 se puede utilizar para facilitar el movimiento.	Ejes estacionarios de ruedas			
		Todos los diámetros del eje			h 6			Para aplicaciones que requieran alta precisión, se debe usar h5.	Poleas tensoras, poleas de cables, etc.	
	El anillo interior no necesita moverse suavemente en el eje.	Todos los diámetros del eje			h 6	Para aplicaciones que requieran alta precisión, se debe usar h5.	Poleas tensoras, poleas de cables, etc.			
Solo carga axil central		Todos los diámetros del eje			js 6	—				
Rodamiento de agujero cónico (clase 0) (Con adaptador o manguito de desmontaje)										
Todas las cargas		Todos los diámetros del eje			h 9/IT 5 ²⁾	Para ejes de transmisión, h 10/IT 7 ²⁾ debe ser aplicado.	—			

[Notas] 1) Las cargas ligeras, normales y pesadas se refieren a aquellas con cargas radiales dinámicas equivalentes (P_r) de 5% o inferiores, superiores al 5% hasta el 10% inclusive y superiores al 10%, respectivamente, en relación con la carga radial dinámica básica (C_r) del rodamiento en cuestión.

2) IT 5 e IT 7 significan que la tolerancia de redondez del eje, la tolerancia de la cilindridad y otros errores en términos de forma deben estar dentro del margen de tolerancia de IT 5 e IT 7, respectivamente. Para los valores numéricos de los grados de tolerancia estándar IT 5 e IT 7, consulte la tabla complementaria al final de este catálogo.

[Observación] Esta tabla es aplicable a ejes de acero macizo.

Tabla 9-4 (2) Ajustes recomendados en los alojamientos para rodamientos radiales (clases 0, 6X, 6)

Condiciones			Rango de la clase de tolerancia del agujero del alojamiento	Observaciones	Aplicaciones (para referencia)	
Alojamiento	Tipo de carga etc. ¹⁾					Desplazamiento axial del aro exterior ²⁾
De una pieza o de tipo dividido	Carga estacionaria en el aro exterior	Todo tipo de cargas		H 7	G 7 puede aplicarse cuando se utiliza un rodamiento de gran tamaño, o si la diferencia de temperatura es grande entre el aro exterior y la del alojamiento.	Dispositivos de rodamientos comunes, cajas de ejes de material rodante ferroviario, equipos de transmisión de potencia, etc.
		Carga ligera o normal	Facilmente desplazable	H 8	—	
		Alta temperatura en el eje y en el aro interior		G 7	F 7 puede aplicarse cuando se utiliza un rodamiento de gran tamaño, o si la diferencia de temperatura es grande entre el aro exterior y la del alojamiento.	Cilindros de secado etc.
Tipo de una pieza		Carga ligera o normal, que requiere una alta precisión de marcha	No desplazable en principio	K 6	Se aplica principalmente a rodamientos de rodillos.	
			Desplazable	JS 6	Se aplica principalmente a rodamiento de bolas.	
		Requiere rotación de bajo ruido	Facilmente desplazable	H 6	—	
	Carga de dirección indeterminada	Carga ligera o normal	Normalmente desplazable	JS 7	Para aplicaciones que requieran alta precisión, JS 6 y K 6 deben usarse en lugar de JS 7 y K 7.	Motores eléctricos, bombas, rodamientos principales del cigüeñal, etc.
		Carga pesada o normal	No desplazable en principio	K 7		
		Carga de alto impacto	No desplazable	M 7	—	Motores de tracción
	Carga rotativa en el aro exterior	Carga ligera o fluctuante	No desplazable	M 7	—	Rodillos transportadores, guías de cables, poleas tensoras, etc.
		Carga pesada o normal		N 7	Se aplica principalmente a rodamientos de bolas.	Cubos de rueda con rodamientos de bolas, etc.
		Alojamiento de sección delgada, carga pesada o de alto impacto		P 7	Se aplica principalmente a rodamiento de rodillos.	Cubos de rueda con rodamientos de rodillos, rodillos para extremos grandes de bielas etc.

[Notas] 1) Las cargas se clasifican como se indica en la Nota 1) de la Tabla 9-4 (1).

2) Indicación de la distinción entre aplicaciones de rodamientos no separables que permiten y no permiten el desplazamiento axial de los aros exteriores.

[Observaciones] 1. Esta tabla es aplicable a alojamientos de hierro fundido o de acero.

2. Si sólo se aplica una carga axial central al rodamiento, seleccione tal clase de rango de tolerancia que proporcione holgura en la dirección radial para el aro exterior.

Tabla 9-5 (1) Ajustes recomendados en los ejes para rodamientos de bolas de precisión extra pequeños / miniatura ($d < 10$ mm)Unidad: μm

Tipo de carga		Clase de tolerancia de los rodamientos	Desviación media del diámetro del agujero de plano único Δ_{dmp}		Tolerancia dimensional del diámetro del eje		Ajuste ¹⁾	Aplicaciones
			superior	inferior	superior	inferior		
Carga giratoria en el aro interior	velocidad media/ alta carga normal o ligera	ABMA 5P JIS clase 5	0	- 5.1 0	+ 2.5	- 2.5	7.6T - 2.5L 7.5T - 2.5L	Rotores giroscópicos, limpiadores de aire, herramientas eléctricas, codificadores
		ABMA 7P JIS clase 4	0	- 5.1 0	+ 2.5	- 2.5	7.6T - 2.5L 6.5T - 2.5L	
	Baja velocidad Carga ligera	ABMA 5P JIS clase 5	0	- 5.1 0	- 2.5	- 7.5	2.6T - 7.5L 2.5T - 7.5L	Giroscopios, sincronizadores, servomotores, husillos de discos flexibles
		ABMA 7P JIS clase 4	0	- 5.1 0	- 2.5	- 7.5	2.6T - 7.5L 1.5T - 7.5L	
Carga giratoria en el aro exterior	Baja a alta velocidad Carga ligera	ABMA 5P JIS clase 5	0	- 5.1 0	- 2.5	- 7.5	2.6T - 7.5L 2.5T - 7.5L	Rodillos de presión, rodillos de guía de cinta, actuadores lineales
		ABMA 7P JIS clase 4	0	- 5.1 0	- 2.5	- 7.5	2.6T - 7.5L 1.5T - 7.5L	

[Nota] 1) Los símbolos T y L significan interferencia y deslizante respectivamente.

Tabla 9-5 (2) Ajustes recomendados para el alojamiento de rodamiento de bolas de precisión extra pequeños y miniatura ($D \leq 30$ mm)Unidad: μm

Tipo de carga		Clase de tolerancia de los rodamientos	Desviación media del diámetro exterior del plano singular Δ_{Dmp}		Tolerancia dimensional del diámetro del agujero del alojamiento		Ajuste ¹⁾	Aplicaciones
			superior	inferior	superior	inferior		
Carga giratoria en el aro interior	Velocidad media/alta	ABMA 5P ABMA 7P	0	- 5.1	+ 5	0	0 - 10.1L	Rotores giroscópicos, filtros de aire, herramientas eléctricas, codificadores
		JIS clase 5 ²⁾	0	- 5 - 6	+ 5	0	0 - 10 L 0 - 11 L	
	Carga ligera o normal	JIS clase 4 ²⁾	0	- 4 - 5	+ 5	0	0 - 9 L 0 - 10 L	Giroscopios, sincronizadores, servomotores, husillos de discos exhibes
		ABMA 5P ABMA 7P	0	- 5.1	+ 2.5	- 2.5	2.5T - 7.6L	
	Baja velocidad Carga ligera	JIS clase 5 ²⁾	0	- 5 - 6	+ 2.5	- 2.5	2.5T - 7.5L 2.5T - 8.5L	
		JIS clase 4 ²⁾	0	- 4 - 5	+ 2.5	- 2.5	2.5T - 6.5L 2.5T - 7.5L	
Carga giratoria en el aro exterior	Baja a alta velocidad	ABMA 5P ABMA 7P	0	- 5.1	+ 2.5	- 2.5	2.5T - 7.6L	Rodillos de presión, rodillos de guía de cinta
		JIS clase 5 ²⁾	0	- 5 - 6	+ 2.5	- 2.5	2.5T - 7.5L 2.5T - 8.5L	
	Carga ligera	JIS clase 4 ²⁾	0	- 4 - 5	+ 2.5	- 2.5	2.5T - 6.5L 2.5T - 7.5L	

[Notas] 1) Los símbolos T y L significan interferencia y deslizamiento, respectivamente.

2) En las columnas "desviación media del diámetro exterior de un plano singular" y "ajuste" valores de la hilera superior se aplican en el caso de $D \leq 18$ mm, valores de la hilera inferior en el caso de $18 < D \leq 30$ mm.

Tabla 9-6 (1) Ajustes de eje recomendados para rodamientos de rodillos cónicos métricos de la serie J

■ Tolerancia del rodamiento : clase PK, clase PN

Tipo de carga		Diámetro nominal del agujero d mm		Rango de la clase de tolerancia del eje	Observaciones
		mas de	hasta		
Carga del aro interior giratorio	Carga normal	10	120	m 6	Generalmente, el juego interno del rodamiento debe ser mayor que el estándar.
		120	500	n 6	
	Carga pesada	10	120	n 6	
	Carga de impacto	120	180	p 6	
Carga del aro exterior giratorio	Rotación de alta velocidad	180	250	r 6	Generalmente, el juego interno del rodamiento debe ser mayor que el estándar.
		250	500	r 7	
	Carga normal sin impacto	80	315	h 6 or g 6	
Carga del aro exterior giratorio	Carga pesada	10	120	n 6	Generalmente, el juego interno del rodamiento debe ser mayor que el estándar.
	Carga de impacto	120	180	p 6	
	Rotación de alta velocidad	180	250	r 6	
		250	500	r 7	

■ Tolerancia del rodamiento : clase PC, clase PB

Tipo de carga		Diámetro nominal del agujero		Rango de la clase de tolerancia del eje		Observaciones	
		d mm		(Clase de tolerancia del rodamiento)			
		más de	hasta	PC	PB		
Carga del aro interior giratoria	Ejes de máquinas herramientas de precisión	10	315	k 5	k 5	Generalmente, el juego interno del rodamiento debe ser mayor que el estándar.	
		315	500	k 5	—		
	Carga pesada Carga de impacto Rotación a alta velocidad	10	18	m 6	m 5		
		18	50	m 5	m 5		
		50	80	n 5	n 5		
		80	120	n 5	n 4		
		120	180	p 4	p 4		
		180	250	r 4	r 4		
		250	315	r 5	r 4		
		315	500	r 5	—		
Carga del aro exterior giratoria	Husillos de maquinas herramientas de precisión	10	315	k 5	k 5		
		315	500	k 5	—		

Tabla 9-6 (2) Ajustes del alojamiento recomendados para rodamientos de rodillos cónicos métricos de la serie J

■ Tolerancia del rodamiento : clase PK, clase PN

Tipo de carga		Diámetro nominal del agujero D mm		Rango de tolerancia del diámetro del agujero de la clase del alojamiento	Observaciones
		más de	hasta		
Carga giratoria en el aro interior	Utilizado para el lado libre o fijo	18	315	G 7 F 6	El anillo exterior es fácilmente desplazable en dirección axial.
		315	400		
	La posición del aro externo es ajustable (en dirección axial)	18	400	J 7	El anillo exterior es desplazable en dirección axial.
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro externo es ajustable (en dirección axial)	18	400	P 7	El aro exterior se fija en dirección axial.
	La posición del aro externo no es ajustable (en dirección axial)	18	120	R 7	El aro exterior se fija en dirección axial.
Carga giratoria en el aro exterior		120	180		
		180	400		

■ Tolerancia del rodamiento : clase PC, clase PB

Tipo de carga		Diámetro nominal externo D mm		Clase de rango de tolerancia del diámetro del agujero del alojamiento		Observaciones
				(clase de tolerancia del rodamiento)		
		más de	hasta	PC	PB	
Carga giratoria en el aro interior	Utilizado para el lado libre	18	315	G 5	G 5	El aro exterior es fácilmente desplazable en dirección axial.
		315	500	G 5	—	
	Utilizado para el lado fijo	18	315	H 5	H 4	El aro exterior es desplazable en dirección axial.
		315	500	H 5	—	
	La posición del aro externo es ajustable (en dirección axial)	18	120	K 5	K 5	El aro exterior se fija en dirección axial.
		120	180	JS 6	JS 6	
		180	250	JS 6	JS 5	
		250	315	K 5	JS 5	
	La posición del aro externo no es ajustable (en dirección axial)	315	500	K 5	—	
		18	315	N 5	M 5	
		315	500	N 5	—	
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro externo no es ajustable (en dirección axial)	18	250	N 6	N 5	El aro exterior se fija en dirección axial.
		250	315	N 5	N 5	
		315	500	N 5	—	

Tabla 9-7 (1) Ajustes de eje recomendados para rodamientos de rodillos cónicos de la serie en pulgadas

■ Tolerancia del rodamiento : clase 4, clase 2

Tipo de carga		Diámetro nominal del agujero d mm (1/25.4)		Desviación del diámetro singular del agujero Δ_{ds} , μm		Tolerancia dimensional del diámetro del eje μm		Observaciones
		más de	hasta	más de	hasta	más de	hasta	
Carga giratoria en el aro interior	Carga normal	—	76.2 (3.0)	+13	0	+ 38	+ 25	
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+25	0	+ 64	+ 38	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	+127	+ 76	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+76	0	+190	+114	
Carga giratoria en el aro exterior	Carga pesada Carga de impacto Alta velocidad de rotación	—	76.2 (3.0)	+13	0	Debe ser tal que la interferencia media sea de 0,000 5 $\times d$ (mm)		Generalmente, el juego interior del rodamiento debe ser mayor que el estándar.
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+25	0			
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0			
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+76	0			
Carga giratoria en el aro exterior	Carga normal sin impacto	—	76.2 (3.0)	+13	0	+ 13	0	
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+25	0	+ 25	0	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	+ 51	0	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+76	0	+ 76	0	
Carga giratoria en el aro exterior	Carga normal sin impacto	—	76.2 (3.0)	+13	0	0	— 13	El aro interior es desplazable en dirección axial.
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+25	0	0	— 25	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	0	— 51	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+76	0	0	— 76	
Carga giratoria en el aro exterior	Carga pesada Carga de impacto Alta velocidad de rotación	—	76.2 (3.0)	+13	0	Debe ser tal que la interferencia media sea de 0,000 5 $\times d$ (mm)		Generalmente, el juego interior del rodamiento debe ser mayor que el estándar.
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+25	0			
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0			
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+76	0			

■ Tolerancia del rodamiento : clase 3, clase 0¹⁾

Tipo de carga		Diámetro nominal del agujero d mm (1/25.4)		Desviación del diámetro singular del agujero Δ_{ds} , μm		Tolerancia dimensional del diámetro del eje μm		Observaciones
		más de	hasta	más de	hasta	más de	hasta	
Carga giratoria en el aro interior	Husillos de máquinas herramienta de precisión	—	76.2 (3.0)	+13	0	+ 30	+ 18	
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+13	0	+ 30	+ 18	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	+ 64	+ 38	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	+102	+ 64	
Carga giratoria en el aro exterior	Carga pesada Carga de impacto Alta velocidad de rotación	—	76.2 (3.0)	+13	0	Debe ser tal que la interferencia media sea de 0,000 5 $\times d$ (mm)		Generalmente, el juego interior del rodamiento debe ser mayor que el estándar.
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+13	0			
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0			
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0			
Carga giratoria en el aro exterior	Husillos de máquinas herramienta de precisión	—	76.2 (3.0)	+13	0	+ 30	+ 18	
		76.2 (3.0)	304.8 (12.0)	+13	0	+ 30	+ 18	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	+ 64	+ 38	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	+102	+ 64	

Nota) 1) Rodamiento clase 0 : $d \leq 304.8$ mm

Tabla 9-7 (2) Ajustes recomendados en los alojamientos para rodamientos de rodillos cónicos de las series en pulgadas

■ Tolerancia del rodamiento : clase 4, clase 2

Tipo de carga		Diámetro nominal exterior D mm (1/25.4)		Desviación del diámetro singular exterior Δ_{Ds} , μm		Tolerancia dimensional del diámetro del agujero del alojamiento μm		Observaciones
		más de	hasta	más de	hasta	más de	hasta	
Carga giratoria en el aro interior	Utilizado para el lado libre o fijo	—	76.2 (3.0)	+25	0	+ 76	+ 51	El anillo exterior es fácilmente desplazable en dirección axial.
		76.2 (3.0)	127.0 (5.0)	+25	0	+ 76	+ 51	
		127.0 (5.0)	304.8 (12.0)	+25	0	+ 76	+ 51	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	+152	+102	
Carga giratoria en el aro interior	La posición del aro exterior es ajustable (en la dirección axial).	—	76.2 (3.0)	+25	0	+ 25	0	El anillo exterior es desplazable en dirección axial.
		76.2 (3.0)	127.0 (5.0)	+25	0	+ 25	0	
		127.0 (5.0)	304.8 (12.0)	+25	0	+ 51	0	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	+ 76	+ 25	
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro exterior no es ajustable (en la dirección axial).	—	76.2 (3.0)	+25	0	— 13	— 38	El aro exterior se fija en dirección axial.
		76.2 (3.0)	127.0 (5.0)	+25	0	— 25	— 51	
		127.0 (5.0)	304.8 (12.0)	+25	0	— 25	— 51	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	— 25	— 76	
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro exterior no es ajustable (en la dirección axial).	—	76.2 (3.0)	+25	0	— 13	— 38	El aro exterior se fija en dirección axial.
		76.2 (3.0)	127.0 (5.0)	+25	0	— 25	— 51	
		127.0 (5.0)	304.8 (12.0)	+25	0	— 25	— 51	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+51	0	— 25	— 76	

■ Tolerancia del rodamiento : clase 3, clase 0¹⁾

Tipo de carga		Diámetro nominal exterior D mm (1/25.4)		Desviación del diámetro único exterior Δ_{Ds} , μm		Tolerancia dimensional del diámetro del agujero del alojamiento μm		Observaciones
		más de	hasta	más de	hasta	más de	hasta	
Carga giratoria en el aro interior	Utilizado para el lado libre	—	152.4 (6.0)	+13	0	+ 38	+ 25	El anillo exterior es fácilmente desplazable en dirección axial.
		152.4 (6.0)	304.8 (12.0)	+13	0	+ 38	+ 25	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	+ 64	+ 38	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	+ 89	+ 51	
Carga giratoria en el aro interior	Utilizado para el lado fijo.	—	152.4 (6.0)	+13	0	+ 25	+ 13	El aro exterior es desplazable en dirección axial.
		152.4 (6.0)	304.8 (12.0)	+13	0	+ 25	+ 13	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	+ 51	+ 25	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	+ 76	+ 38	
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro exterior es ajustable (en la dirección axial).	—	152.4 (6.0)	+13	0	+ 13	0	El aro exterior se fija en dirección axial.
		152.4 (6.0)	304.8 (12.0)	+13	0	+ 25	0	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	+ 25	0	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	+ 38	0	
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro exterior no es ajustable (en la dirección axial).	—	152.4 (6.0)	+13	0	0	— 13	El aro exterior se fija en dirección axial.
		152.4 (6.0)	304.8 (12.0)	+13	0	0	— 25	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	0	— 25	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	0	— 38	
Carga giratoria en el aro exterior	La posición del aro exterior no es ajustable (en la dirección axial).	—	152.4 (6.0)	+13	0	— 13	— 25	El aro exterior se fija en dirección axial.
		152.4 (6.0)	304.8 (12.0)	+13	0	— 13	— 38	
		304.8 (12.0)	609.6 (24.0)	+25	0	— 13	— 38	
		609.6 (24.0)	914.4 (36.0)	+38	0	— 13	— 51	

[Nota] 1) Rodamiento clase 0: $D \leq 304.8$ mm

Tabla 9-8 (1) Ajustes de eje recomendados para rodamientos axiales (clases 0, 6)

Tipo de carga	Diámetro del eje, mm		Rango de la clase de tolerancia del eje	Observaciones
	mas de	hasta		
Carga axial central (generalmente para rodamientos axiales)	Todos los diámetros		js 6	h 6 tambien puede ser utilizado.
Carga combinada	Todos los diámetros		js 6	—
Rodamiento axial de rodillos esféricos	Carga estacionaria en la pista del eje	—	200	js 6, k 6 y m 6 tambien pueden ser utilizados en lugar de k 6, m 6 and n 6, respectivamente.
	Carga rotativa en la pista del alojamiento o carga de dirección indeterminada	200	400	
		400	—	

Tabla 9-8 (2) Ajustes de alojamiento recomendados para rodamientos axiales (clases 0, 6)

Tipo de carga		Rango de la clase de tolerancia del diámetro del agujero del alojamiento	Observaciones
Carga axial central (generalmente para rodamientos axiales)		—	Seleccione una clase de rango de tolerancia que proporcione holgura en la dirección radial para la pista del alojamiento.
		H 8	En el caso de los rodamientos axiales de bolas que requieren alta precisión.
Carga combinada	Carga estacionaria en la pista del eje	H 7	—
Rodamiento axial de rodillos esféricos	Carga de dirección indeterminada o carga rotativa en la pista del alojamiento	K 7	En caso de aplicación en condiciones normales de funcionamiento.
		M 7	En caso de carga radial comparativamente grande.

[Observaciones] Esta tabla es aplicable a alojamientos de hierro fundido o de acero.

10. Juego interno del rodamiento

El juego interno del rodamiento se define como la distancia total en la que se puede mover, ya sea el aro interno o el externo cuando el otro aro está fijo.

Si el movimiento está en la dirección radial, se llama juego radial interno; si es en la dirección axial, se llama juego axial interno. (Fig. 10-1).

El rendimiento del rodamiento depende, en gran medida, de la holgura interna durante el funcionamiento (también denominada juego de funcionamiento); el juego inadecuado da lugar a una corta vida de fatiga de rodadura y generación de calor, ruido o vibración.

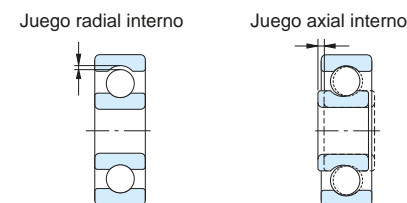


Fig. 10-1 Juego interno del rodamiento

Al medir el juego interno, generalmente se aplica una carga especificada para obtener valores de medición estables.

Por consiguiente, los valores del juego medidos serán mayores que el espacio libre original por la cantidad de deformación elástica debida a la carga aplicada para la medición.

En lo que respecta a rodamientos de rodillos, sin embargo, la cantidad de deformación elástica es despreciable.

El juego antes del montaje se define, generalmente, como el juego original.

10-1 Selección del juego interno

El término "juego residual" se define como el juego original disminuido debido a la expansión o contracción de una pista debido al ajuste, cuando el rodamiento está montado en el eje y el alojamiento.

El término "juego efectivo" se define como el juego residual disminuido debido al cambio dimensional que surge de las diferencias de temperatura dentro del rodamiento.

El término "juego de funcionamiento" se define como el juego interno presente mientras un rodamiento montado en una máquina está girando bajo una determinada carga, o, el juego efectivo aumentado debido a la deformación elástica que surge de las cargas en el rodamiento.

Como se ilustra en la Fig. 10-2, la vida de fatiga del rodamiento es más larga cuando el juego de funcionamiento es ligeramente negativo.

Sin embargo, a medida que el juego de funcionamiento se vuelve más negativo, la vida de fatiga se acorta notablemente.

Por lo tanto, se recomienda que el juego interior del rodamiento se seleccione de tal manera que el juego de trabajo sea ligeramente positivo.

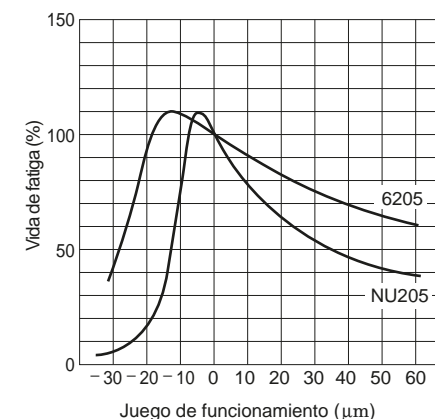


Fig. 10-2 Relación entre el juego de funcionamiento y la vida de fatiga

Es importante tener en cuenta las condiciones de funcionamiento específicas y seleccionar un juego adecuado para las condiciones.

Por ejemplo, cuando se requiere alta rigidez, o cuando el ruido debe ser minimizado, el juego de funcionamiento debe ser reducido. Por otra parte, cuando se espera una temperatura de funcionamiento elevada, se debe aumentar el juego de funcionamiento.

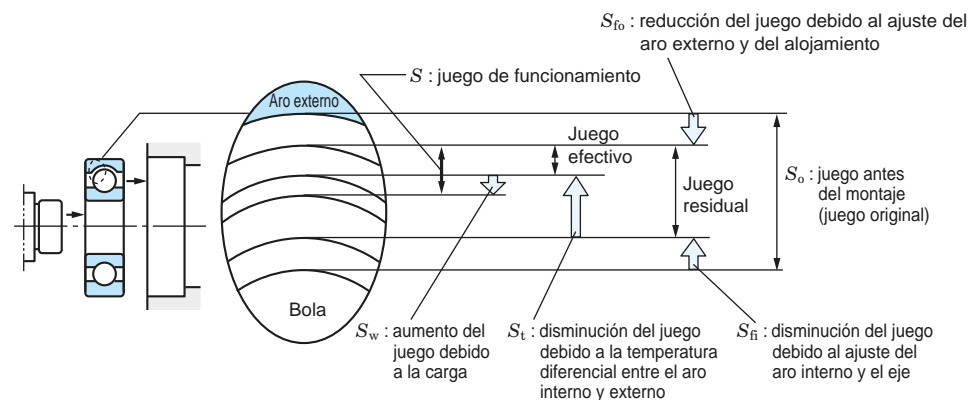
10-2 Juego de funcionamiento

La Tabla 10-1 muestra cómo determinar el juego de funcionamiento cuando el eje y el alojamiento están hechos de acero.

Las tablas 10-2 a 10-10 muestran los valores estándar para el juego interno del rodamiento antes del montaje.

La Tabla 10-11 muestra ejemplos de selección de juegos excluyendo el juego CN.

Tabla 10-1 Como determinar el juego de funcionamiento



Juego de funcionamiento (S)	$S = S_o - (S_f + S_{t1} + S_{t2}) + S_w^*$ <p>* S_w (aumento del juego debido a la carga) es generalmente pequeño, y por lo tanto puede ser ignorado, aunque hay una ecuación para determinar el valor.</p>	
Disminución del juego debido al ajuste (S_f)	(En el caso del eje hueco) $S_{fi} = \Delta_{deff} \frac{d}{D_i} \cdot \left(\frac{1 - \frac{d_o^2}{d^2}}{1 - \frac{d_o^2}{D_i^2}} \right)$	(En el caso de $D_h \neq \infty$) $S_{fo} = \Delta_{deff} \frac{D_e}{D} \cdot \left(\frac{1 - \frac{D^2}{D_h^2}}{1 - \frac{D_e^2}{D_h^2}} \right)$
	(En el caso del eje sólido) $S_{fi} = \Delta_{deff} \frac{d}{D_i}$	(En el caso de $D_h = \infty$) $S_{fo} = \Delta_{deff} \frac{D_e}{D}$
Disminución del juego debido a la temperatura diferencial entre el aro interno y el externo (S_{t1})	La cantidad de disminución varía dependiendo del estado del alojamiento; sin embargo, generalmente la cantidad puede ser aproximada por la siguiente ecuación en la suposición de que el aro externo no se expandirá: $S_{t1} = \alpha (D_i \cdot t_i - D_e \cdot t_e)$	donde: $D_e = D_i + 2D_w$ por consiguiente, $S_{t1} + S_{t2}$ será determinado por $S_{t1} + S_{t2} = \alpha \cdot D_i \cdot t_1 + 2 \alpha \cdot D_w \cdot t_2$
Disminución del juego debido al aumento de temperatura de los elementos rodantes (S_{t2})	$S_{t2} = 2 \alpha \cdot D_w \cdot t_w$	La temperatura diferencial entre el aro interno y externo, t_1 , puede ser expresado de la siguiente manera: $t_1 = t_i - t_e$ La temperatura diferencial entre los elementos rodantes y el aro exterior, t_2 , pueden ser expresados de la siguiente manera: $t_2 = t_w - t_e$

En la tabla 10-1,

S : juego de funcionamiento	mm	Δ_{deff} : interferencia efectiva del aro exterior	mm
S_o : juego antes del montaje	mm	D_h : diámetro exterior del alojamiento	mm
S_f : disminución del juego debido al ajuste	mm	D_e : diámetro de contacto del camino de rodadura del aro exterior	mm
S_{fi} : expansión del diámetro de contacto del camino de rodadura del aro interior	mm	$\left(\begin{array}{l} \text{rodamiento de bolas} \cdots D_e \approx 0.2(4D + d) \\ \text{rodamiento de rodillos} \cdots D_e \approx 0.25(3D + d) \end{array} \right)$	
S_{fo} : contracción del diámetro de contacto del camino de rodadura del aro exterior	mm	D : diámetro nominal externo	mm
S_{t1} : disminución del juego debido a la temperatura diferencial entre el aro interno y externo	mm	α : coeficiente de expansión lineal de rodamientos de acero (12.5×10^{-6})	$1/^\circ\text{C}$
S_{t2} : disminución del juego debido al aumento de temperatura de los elementos rodantes	mm	D_w : diámetro medio de los elementos rodantes	mm
S_w : aumento del juego debido a la carga	mm	$\left(\begin{array}{l} \text{rodamiento de bolas} \cdots D_w \approx 0.3(D - d) \\ \text{rodamiento de rodillos} \cdots D_w \approx 0.25(D - d) \end{array} \right)$	
Δ_{deff} : interferencia efectiva del aro interior	mm	t_i : aumento de temperatura del aro interior	$^\circ\text{C}$
d : diámetro nominal del agujero (diámetro del eje)	mm	t_e : aumento de temperatura del anillo exterior	$^\circ\text{C}$
d_o : diámetro del agujero del eje hueco	mm	t_w : aumento de temperatura de los elementos rodantes	$^\circ\text{C}$
D_i : diámetro de contacto del camino de rodadura del aro interior	mm	$\left(\begin{array}{l} \text{rodamiento de bolas} \cdots D_i \approx 0.2(D + 4d) \\ \text{rodamiento de rodillos} \cdots D_i \approx 0.25(D + 3d) \end{array} \right)$	

■ Los rodamientos se utilizan a veces con un eje o un alojamiento no de acero.

En la industria del automóvil, a menudo se incorpora un método estadístico para la selección del juego. En estos casos, o cuando se trate de otras condiciones especiales de funcionamiento, se debe consultar a JTEKT.

Tabla 10-2 Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas (agujero cilíndrico)

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero <i>d</i> , mm		Juego									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2.5	6	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460

[Observaciones] 1. Para el juego medido, el incremento del juego radial interno causado por la carga de medición debe agregarse a los valores de la tabla anterior para su corrección. Las cantidades para la corrección son como se muestra a continuación. De las cantidades para la corrección del juego en la columna de C2, se aplica el menor al juego mínimo, el mayor al juego máximo.

2. Los valores en cursiva están prescritos en los estándares JTEKT.

Diámetro nominal del agujero <i>d</i> , mm		Carga de medición	Cantidades de corrección del juego, μm				
			C 2	C N	C 3	C 4	C 5
más de	hasta	N					
2.5	18	24.5	3 – 4	4	4	4	4
18	50	49	4 – 5	5	6	6	6
50	280	147	6 – 8	8	9	9	9

Tabla 10-3 Juego radial interno de rodamientos de bolas extra-pequeños / miniatura Unidad : μm

Código de juego	M 1		M 2		M 3		M 4		M 5		M 6	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
juego	0	5	3	8	5	10	8	13	13	20	20	28

[Observación] Para el juego medido, deben agregarse las siguientes cantidades para corrección.

Carga medida, N		Cantidades de corrección del juego, μm					
Rodamiento de bolas extra-pequeños	Rodamiento de bolas miniatura	M1	M2	M3	M4	M5	M6
2.3		1	1	1	1	1	1

(Rodamiento de bolas extra pequeños : 9 mm o mayores en el diámetro externo y debajo de 10 mm en el diámetro del agujero
Rodamiento de bolas miniatura : debajo de 9 mm en el diámetro externo)

Tabla 10-4 Juego axial interior de los rodamientos de bolas de contacto angular apareados (juego de medición) ¹⁾Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero <i>d</i> , mm		Ángulo de contacto : 15°				Ángulo de contacto : 30°							
		C 2		C N		C 2		C N		C 3		C 4	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	10	13	33	33	53	3	14	10	30	30	50	50	70
10	18	15	35	35	55	3	16	10	30	30	50	50	70
18	24	20	40	45	65	3	20	20	40	40	60	60	80
24	30	20	40	45	65	3	20	20	40	40	60	60	80
30	40	20	40	45	65	3	20	25	45	45	65	70	90
40	50	20	40	50	70	3	20	30	50	50	70	75	95
50	65	30	55	65	90	9	27	35	60	60	85	90	115
65	80	30	55	70	95	10	28	40	65	70	95	110	135
80	100	35	60	85	110	10	30	50	75	80	105	130	155
100	120	40	65	100	125	12	37	65	90	100	125	150	175
120	140	45	75	110	140	15	40	75	105	120	150	180	210
140	160	45	75	125	155	15	40	80	110	130	160	210	240
160	180	50	80	140	170	15	45	95	125	140	170	235	265
180	200	50	80	160	190	20	50	110	140	170	200	275	305

Diámetro nominal del agujero <i>d</i> , mm		Ángulo de contacto : 40°							
		C 2		C N		C 3		C 4	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	10	2	10	6	18	16	30	26	40
10	18	2	12	7	21	18	32	28	44
18	24	2	12	12	26	20	40	30	50
24	30	2	14	12	26	20	40	40	60
30	40	2	14	12	26	25	45	45	65
40	50	2	14	12	30	30	50	50	70
50	65	5	17	17	35	35	60	60	85
65	80	6	18	18	40	40	65	70	95
80	100	6	20	20	45	55	80	85	110
100	120	6	25	25	50	60	85	100	125
120	140	7	30	30	60	75	105	125	155
140	160	7	30	35	65	85	115	140	170
160	180	7	31	45	75	100	130	155	185
180	200	7	37	60	90	110	140	170	200

[Nota] 1) Incluye el aumento del juego causado por la carga medida.

Tabla 10-5 Juego radial interno de los rodamientos de doble hilera de bolas de contacto angular

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego					
		CD2		CDN		CD3	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2.5	10	0	7	2	10	8	18
10	18	0	7	2	11	9	19
18	24	0	8	2	11	10	21
24	30	0	8	2	13	10	23
30	40	0	9	3	14	11	24
40	50	0	10	4	16	13	27
50	65	0	11	6	20	15	30
65	80	0	12	7	22	18	33
80	100	0	12	8	24	22	38
100	120	0	13	9	25	24	42
120	140	0	15	10	26	25	44
140	160	0	16	11	28	26	46
160	180	0	17	12	30	27	47
180	200	0	18	14	32	28	48

[Observación]

Con respecto a los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de bolas de contacto angular de doble hilera y apareados, las ecuaciones de la relación entre el juego radial interno y el juego axial interno se muestran en la página A 111.

Tabla 10-6 Juego radial interno de los rodamientos de bolas autoalineables

Unidad : μm

Nominal bore d , mm		Juego de los rodamientos con agujero cilíndrico										Juego de los rodamientos con agujero cónico									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2.5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52	7	17	13	26	20	33	28	42	37	55
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58	9	20	15	28	23	39	33	50	44	62
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66	12	24	19	35	29	46	40	59	52	72
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71	14	27	22	39	33	52	45	65	58	79
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88	18	32	27	47	41	61	56	80	73	99
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108	23	39	35	57	50	75	69	98	91	123
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124	29	47	42	68	62	90	84	116	109	144
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145	35	56	50	81	75	108	100	139	130	170
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175	40	68	60	98	90	130	120	165	155	205
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210	45	74	65	110	100	150	140	191	180	240

Tabla 10-7 Juego radial interno de rodamientos para motores eléctricos

1) Rodamiento rígido de bolas Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego	
		CM	
más de	hasta	min.	max.
10 ¹⁾	18	4	11
18	30	5	12
30	50	9	17
50	80	12	22
80	120	18	30
120	160	24	38

[Nota] 1) Incluye 10 mm.

[Observación] Para ajustar el cambio del juego debido a la medición de la carga, utilice los valores de corrección mostrados en la Tabla 10-2.

2) Rodamiento de rodillos cilíndricos Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego			
		Intercambiable CT		No intercambiable CM	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.
24	40	15	35	15	30
40	50	20	40	20	35
50	65	25	45	25	40
65	80	30	50	30	45
80	100	35	60	35	55
100	120	35	65	35	60
120	140	40	70	40	65
140	160	50	85	50	80
160	180	60	95	60	90
180	200	65	105	65	100

[Nota] "Intercambiabilidad" significa intercambiable únicamente entre productos (subunidades) del mismo fabricante; No con otros.

Tabla 10-8 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de agujas de aros mecanizados

(1) Rodamiento con agujero cilíndrico

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
más de	hasta										
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735

(2) Rodamiento con agujero cónico

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego no intercambiable													
		C 9 NA ¹⁾		C 1 NA		C 2 NA		C N NA		C 3 NA		C 4 NA		C 5 NA	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
más de	hasta														
12	14	5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	24	5	10	10	20	20	30	35	45	45	55	55	65	75	85
24	30	5	10	10	25	25	35	40	50	50	60	60	70	80	95
30	40	5	12	12	25	25	40	45	55	55	70	70	80	95	110
40	50	5	15	15	30	30	45	50	65	65	80	80	95	110	125
50	65	5	15	15	35	35	50	55	75	75	90	90	110	130	150
65	80	10	20	20	40	40	60	70	90	90	110	110	130	150	170
80	100	10	25	25	45	45	70	80	105	105	125	125	150	180	205
100	120	10	25	25	50	50	80	95	120	120	145	145	170	205	230
120	140	15	30	30	60	60	90	105	135	135	160	160	190	230	260
140	160	15	35	35	65	65	100	115	150	150	180	180	215	260	295
160	180	15	35	35	75	75	110	125	165	165	200	200	240	285	320
180	200	20	40	40	80	80	120	140	180	180	220	220	260	315	355
200	225	20	45	45	90	90	135	155	200	200	240	240	285	350	395
225	250	25	50	50	100	100	150	170	215	215	265	265	315	380	430
250	280	25	55	55	110	110	165	185	240	240	295	295	350	420	475
280	315	30	60	60	120	120	180	205	265	265	325	325	385	470	530
315	355	30	65	65	135	135	200	225	295	295	360	360	430	520	585
355	400	35	75	75	150	150	225	255	330	330	405	405	480	585	660
400	450	45	85	85	170	170	255	285	370	370	455	455	540	650	735
450	500	50	95	95	190	190	285	315	410	410	505	505	600	720	815

[Nota] 1) El juego C 9 NA se aplica a los rodamientos de rodillos cilíndricos de agujero cónico de las clases de tolerancia JIS 5 y 4.

Tabla 10-9 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos esféricos

(1) Rodamiento con agujero cilíndrico

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1 000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1 100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1 190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1 010	1 010	1 300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1 120	1 120	1 440
900	1 000	260	480	480	710	710	930	930	1 220	1 220	1 570

(2) Rodamiento con agujero cónico

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	900	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	1 000	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860

Tabla 10-10 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cónicos de dos / cuatro hileras y los apareados (agujero cilíndrico)

Unidad : μm

Diámetro nominal del agujero d , mm		Juego									
		C 1		C 2		C N		C 3		C 4	
más de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
14	18	0	10	10	20	20	30	30	40	40	50
18	24	0	10	10	20	20	30	30	40	40	55
24	30	0	10	10	20	20	30	30	45	45	60
30	40	0	12	12	25	25	40	40	55	55	75
40	50	0	15	15	30	30	45	45	60	60	80
50	65	0	15	15	30	30	50	50	70	70	90
65	80	0	20	20	40	40	60	60	80	80	110
80	100	0	20	20	45	45	70	70	100	100	130
100	120	0	25	25	50	50	80	80	110	110	150
120	140	0	30	30	60	60	90	90	120	120	170
140	160	0	30	30	65	65	100	100	140	140	190
160	180	0	35	35	70	70	110	110	150	150	210
180	200	0	40	40	80	80	120	120	170	170	230
200	225	0	40	40	90	90	140	140	190	190	260
225	250	0	50	50	100	100	150	150	210	210	290
250	280	0	50	50	110	110	170	170	230	230	320
280	315	0	60	60	120	120	180	180	250	250	350
315	355	0	70	70	140	140	210	210	280	280	390
355	400	0	70	70	150	150	230	230	310	310	440
400	450	0	80	80	170	170	260	260	350	350	490
450	500	0	90	90	190	190	290	290	390	390	540
500	560	0	100	100	210	210	320	320	430	430	590
560	630	0	110	110	230	230	350	350	480	480	660
630	710	0	130	130	260	260	400	400	540	540	740
710	800	0	140	140	290	290	450	450	610	610	830
800	900	0	160	160	330	330	500	500	670	670	920

Tabla 10-11 Ejemplos de selección de juegos no estándar

Condiciones de servicio	Aplicaciones	Ejemplos de selección del juego
En el caso de cargas pesadas o de impacto, gran interferencia	Muñón de ejes de material rodante ferroviario	C 3
En el caso de vibración / carga de impacto, ajuste de interferencia tanto para aros interiores / exteriores	Cribas vibratorias, Motores de tracción de material rodante ferroviario, Caja reductora final del tractor	C 3, C 4 C 4 C 4
Cuando la deflexión del eje es grande	Ruedas traseras del automóvil	C 5
Cuando el eje y el aro interior se calientan	Secadores de máquinas de fabricación de papel, Rodillos de mesa de laminadores	C 3, C 4 C 3
Cuando el ajuste es deslizante tanto en aros interiores / exteriores	Cuello de rodillos de laminadores	C 2
Cuando el ruido / vibración durante la rotación se debe bajar	Micro-motores	C 1, C 2, CM
Cuando se debe ajustar el juego después del montaje para reducir la desviación del eje	Ejes de torno	C 9 NA, C 1 NA

[Referencia] Relación entre el juego radial interno y el juego axial interno

$$[\text{Rodamiento rígido de bolas}] \quad \Delta_a = \sqrt{\Delta_r (4m_o - \Delta_r)} \quad (10-1)$$

$$[\text{Rodamiento de bolas de contacto angular de dos hileras}] \quad \Delta_a = 2\sqrt{m_o^2 - \left(m_o \cos \alpha - \frac{\Delta_r}{2}\right)^2} - 2m_o \sin \alpha \quad (10-2)$$

$$[\text{Rodamiento de bolas de contacto angular apareado}] \quad \Delta_a = 2m_o \sin \alpha - 2\sqrt{m_o^2 - \left(m_o \cos \alpha + \frac{\Delta_r}{2}\right)^2} \quad (10-3)$$

$$[\text{Rodamiento de rodillos cónicos de doble / cuatro hileras y apareados}] \quad \Delta_a = \Delta_r \cot \alpha \text{ Å } \frac{1.5}{e} \Delta_r \quad (10-4)$$

Donde :

$$\begin{aligned} \Delta_a &: \text{juego axial interno} & \text{mm} & \alpha : \text{ángulo de contacto nominal} \\ \Delta_r &: \text{juego radial interno} & \text{mm} & e : \text{valor límite de } F_a/F_r \\ m_o &= r_e + r_i - D_w & & \left(\begin{array}{l} r_e : \text{radio de la pista de rodadura del aro exterior} \\ r_i : \text{radio de la pista de rodadura del aro interior} \\ D_w : \text{Diámetro de la bola} \end{array} \right. & \text{mm} \\ & & & \left. \begin{array}{l} \text{mm} \\ \text{mm} \end{array} \right) & \text{se muestra en la tabla de especificaciones de los rodamientos.} \end{aligned}$$

11. Precarga

Generalmente, los rodamientos funcionan con una cierta cantidad de juego apropiado permitido. Para algunas aplicaciones, sin embargo, los rodamientos están montados con carga axial de tal magnitud que el juego será negativo.

La carga axial, denominada "precarga", se aplica a menudo a los rodamientos de bolas de contacto angular y los rodamientos de rodillos cónicos.

11-1 Propósito de la precarga

- Para mejorar la precisión de la marcha reduciendo la desviación del eje, así como para aumentar la precisión de la posición en las direcciones radial y axial.
(Rodamiento para husillos de máquinas herramientas e instrumentos de medición)
- Para mejorar la precisión del engrane de los piñones aumentando la rigidez del rodamiento.
(Rodamientos para reducción final de automóviles)
- Para reducir las micro - adherencias al eliminar el deslizamiento en rotación irregular, auto-rotación y alrededor de la pista de rodadura de los elementos rodantes.
(Para rodamientos de bolas de contacto angular de alta velocidad de rotación)
- Para minimizar el ruido anormal debido a vibración o resonancia.
(Para rodamientos de motores eléctricos pequeños)
- Para mantener los elementos rodantes en la posición correcta con respecto a la pista de rodadura.
(Para rodamientos axiales de bolas y rodamientos axiales de rodillos esféricos utilizados en ejes horizontales)

11-2 Método de la precarga

La precarga puede hacerse ya sea por la precarga de posición o por la precarga de presión constante; Ejemplos típicos se dan en la Tabla 11-1.

[Comparación entre las precargas de posición y de presión constante]

- * Con la misma cantidad de precarga, la precarga de posición produce un menor desplazamiento en la dirección axial, y por lo tanto es susceptible de traer una mayor rigidez.
- * La precarga de presión constante produce una precarga estable, o una pequeña fluctuación en la cantidad de precarga, ya que el muelle puede absorber la fluctuación de la carga y la expansión / contracción del eje causada por la diferencia de temperatura entre el eje y el alojamiento durante el funcionamiento.
- * La precarga de posición puede aplicar una precarga mayor.

Por consiguiente, la precarga de posición es más adecuada para aplicaciones que requieren alta rigidez, mientras que la precarga de presión constante es más adecuada para alta velocidad de giro, prevención de vibraciones en la dirección axial y rodamientos axiales usados en ejes horizontales.

11-3 Precarga y rigidez

Para rodamientos de bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos, la disposición de "espalda con espalda" se utiliza generalmente para aplicar precarga para mayor rigidez.

Esto se debe a que la rigidez del eje es mejorada por la mayor distancia entre los centros de carga en la disposición de espalda con espalda.

Fig. 11-1 muestra la relación entre la carga previa dada a través de la precarga de posición y la rigidez expresada por desplazamiento en la dirección axial del rodamiento de espalda con espalda.

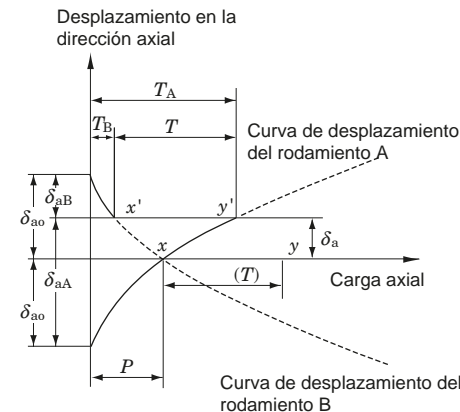
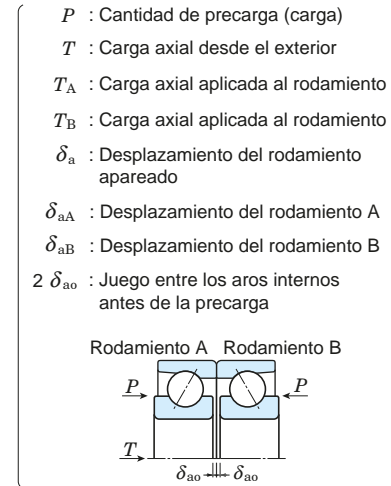


Fig. 11-1 Diagrama de precarga en la posición de precarga

En la Fig. 11-1, cuando se aplica la precarga P (el aro interior se aprieta hacia la dirección axial), los rodamientos A y B son desplazados respectivamente por δ_{ao} , y el juego entre los aros interiores disminuye de $2\delta_{ao}$ a cero.

El desplazamiento cuando se aplica la carga axial T a estos rodamientos apareados desde el exterior se puede determinar como δ_a .

[Para referencia]

Cómo determinar δ_a in Fig. 11-1

- ① Determinar la curva de desplazamiento del rodamiento A.
- ② Determinar la curva de desplazamiento del rodamiento B. ...Curva simétrica en relación con el eje horizontal que intersecta la línea vertical de pre carga P en el punto x .
- ③ Con la carga desde fuera definida como T , determine el segmento de línea $x - y$ en la línea horizontal que pasa por el punto x . Desplazar el segmento $x - y$ en paralelo a lo largo de la curva de desplazamiento del rodamiento B. Determinar el punto y' en el que se intersecta la curva de desplazamiento del rodamiento A.
- ④ δ_a puede ser determinada como la distancia entre segmentos de línea $x' - y' y x - y$

La Fig. 11-2 muestra la relación entre la precarga y la rigidez en la precarga de presión constante usando los mismos rodamientos de parejas iguales que en la Fig. 11-1.

En este caso, puesto que la rigidez del resorte puede ser ignorada, el rodamiento apareado muestra casi la misma rigidez que un rodamiento separado

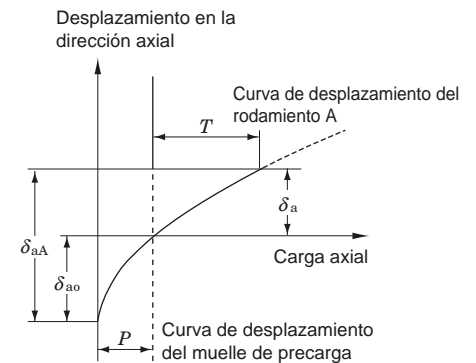


Fig. 11-2 Diagrama de precarga en precarga de presión constante

Table 11-1 Método de la precarga

Precarga de posición			Precarga de presión constante
* Método que usa el rodamiento apareado con el desplazamiento ajustado para la precarga (véase abajo).	* Método con espaciador con dimensiones ajustadas para la precarga.	* Método mediante tuerca o perno capaz de ajustar la precarga en dirección axial. (En este caso, se debe medir el momento de fricción de arranque durante el ajuste para que se aplique la precarga adecuada.)	* Método mediante muelle helicoidal o resorte de diafragma.

11-4 Cantidad de la precarga

La cantidad de precarga debe determinarse, para evitar un efecto adverso en la vida útil de los rodamientos, el aumento de la temperatura, el par de rozamiento u otra característica de rendimiento, teniendo en cuenta la aplicación del rodamiento.

También debe tenerse en cuenta la disminución de la precarga debido al desgaste, la precisión del eje y el alojamiento, las condiciones de montaje y la lubricación al determinar la precarga.

11-4-1 Cantidad de la precarga de los rodamientos de bolas de contacto angular

En la tabla 11-2 se muestra la precarga recomendada para los rodamientos de bolas de contacto angular apareados de clase JIS 5 o superior, utilizados para husillos de máquinas herramienta u otras aplicaciones de mayor precisión.

JTEKT ofrece cuatro tipos de precarga estándar: precarga leve (S), precarga ligera (L), precarga media (M) y precarga pesada (H), de manera que la precarga se puede seleccionar apropiadamente y fácilmente para diversas aplicaciones.

En general, se recomienda una precarga ligera o media para los husillos de rectificadora y una precarga mediana o pesada para husillos de tornos y fresadoras.

La Tabla 11-3 muestra los ajustes recomendados de los rodamientos de bolas de contacto angular apareados de alta precisión utilizados con precarga aplicada ligera o media.

Tabla 11-3 Ajustes recomendados para los rodamientos de bolas de contacto angular de alta precisión con precarga aplicada

(1) Tolerancia dimensional del eje Unidad : μm

Diámetro del eje mm	Rotación del aro interior	Interferencia entre el eje y el aro interno ajuste correspondiente ⁽¹⁾	Rotación del aro exterior
	Tolerancia del diámetro del eje	Tolerancia del diámetro del eje	Tolerancia del diámetro del eje
mas de	hasta		
6	10	- 2 - 6	0 - 2 - 4
10	18	- 2 - 7	0 - 2 - 5
18	30	- 2 - 8	0 - 2.5 - 6
30	50	- 2 - 9	0 - 2.5 - 7
50	80	- 2 - 10	0 - 3 - 8
80	120	- 2 - 12	0 - 4 - 10
120	180	- 2 - 14	0 - 5 - 12

[Nota] 1) El ajuste correspondiente significa medir el diámetro del agujero del rodamiento y emparejarlo con el diámetro del eje medido.

(2) Tolerancia dimensional del agujero del alojamiento Unidad : μm

Diámetro del agujero del alojamiento mm		Rotación del aro interior			Rotación de aro exterior
		Tolerancia del diámetro del agujero del alojamiento		Ajuste ¹⁾ entre el alojamiento y el aro exterior	Tolerancia de diámetro del agujero del alojamiento
		Rodamiento de lado fijo	Rodamiento de lado libre		
mas de	hasta				
18	30	± 4.5	+ 9 0	2 – 6	– 6 – 12
30	50	± 5.5	+ 11 0	2 – 6	– 6 – 13
50	80	± 6.5	+ 13 0	3 – 8	– 8 – 16
80	120	± 7.5	+ 15 0	3 – 9	– 9 – 19
120	180	± 9	+ 18 0	4 – 12	– 11 – 23
180	250	± 10	+ 20 0	5 – 15	– 13 – 27
250	315	± 11.5	+ 23 0	6 – 18	– 16 – 32

[Nota] 1) Un valor más bajo es deseable para el lado fijo; mayor valor para el lado libre.

Table 11-2 Precarga estándar de rodamientos de bolas de contacto angular apareados de alta precisión

[S : precarga leve, L : precarga ligera, M : precarga media, H : precarga pesada] Unidad : N

Diámetro del agujero No.	7900 C			7000			7000 C				7200			7200 C				ACT 000		ACT 000 B		Diámetro del agujero No.
	S	L	M	L	M	H	S	L	M	H	L	M	H	S	L	M	H	L	M	L	M	
00	5	15	30	30	80	145	6	20	50	100	50	145	245	10	30	80	145	-	-	-	-	00
01	7	20	40	30	80	145	6	20	50	100	60	145	295	15	40	100	195	-	-	-	-	01
02	8	25	50	50	145	245	10	30	80	145	80	245	390	15	50	145	245	-	-	-	-	02
03	8	25	50	60	145	295	15	40	100	165	100	245	540	25	70	145	345	-	-	-	-	03
04	15	40	80	60	145	295	15	40	100	245	145	295	635	25	80	195	390	-	-	-	-	04
05	15	50	100	100	245	490	20	60	145	295	145	390	785	35	100	245	490	-	-	-	-	05
06	15	50	100	145	295	635	25	80	195	390	145	590	930	35	100	295	590	195	345	295	685	06
07	25	70	140	145	390	785	35	100	245	490	245	785	1 270	50	145	390	785	195	390	390	735	07
08	25	80	155	145	390	785	35	100	295	590	390	880	1 570	65	195	440	880	245	440	440	835	08
09	35	100	195	245	540	980	50	145	345	635	490	1 080	1 770	85	245	540	1 080	245	490	490	930	09
10	35	100	195	245	635	1 180	50	145	390	735	540	1 180	2 060	85	245	590	1 180	295	540	540	1 030	10
11	40	120	235	295	785	1 370	65	195	440	880	635	1 370	2 450	100	295	735	1 470	390	685	685	1 270	11
12	40	120	235	390	880	1 570	65	195	490	980	785	1 470	2 940	115	345	785	1 670	390	735	735	1 420	12
13	50	145	295	440	980	1 770	85	245	540	1 090	835	1 670	3 330	130	390	930	1 860	440	835	785	1 520	13
14	65	195	390	490	1 080	2 060	85	245	635	1 270	930	1 860	3 720	160	490	980	2 060	590	1 130	1 030	2 010	14
15	65	195	390	590	1 180	2 150	100	295	685	1 370	980	2 150	3 920	195	590	1 180	2 350	590	1 130	1 080	2 110	15
16	65	195	390	635	1 370	2 350	100	295	735	1 470	1 080	2 450	4 310	225	685	1 370	2 750	685	1 370	1 270	2 500	16
17	85	245	490	735	1 570	2 550	130	390	880	1 770	1 270	2 940	4 900	260	785	1 570	2 940	735	1 420	1 320	2 600	17
18	100	295	590	785	1 670	2 840	145	440	980	1 960	1 470	3 230	5 390	260	785	1 770	3 430	980	1 860	1 770	3 380	18
19	100	295	590	880	1 770	3 140	160	490	1 080	2 060	1 670	3 430	5 880	290	880	1 960	3 920	980	1 960	1 860	3 530	19
20	100	345	685	880	1 960	3 530	175	540	1 180	2 150	1 860	3 920	6 370	325	980	2 150	4 410	1 030	2 010	1 910	3 680	20
21	100	345	685	980	2 150	3 920	195	590	1 270	2 350	2 060	4 310	7 060	360	1 080	2 350	4 900	1 180	2 250	2 150	3 770	21
22	145	390	785	1 080	2 380	4 410	210	635	1 470	2 550	2 250	4 900	7 840	385	1 180	2 450	5 290	1 320	2 600	2 450	4 760	22
24	145	490	980	1 180	2 650	4 900	225	685	1 670	2 840	2 450	5 390	8 820	420	1 270	2 840	5 490	1 420	2 800	2 550	5 100	24
26	195	590	1 180	1 370	3 140	5 390	245	735	1 770	3 140	2 750	5 880	9 310	485	1 470	3 140	5 880	1 770	3 380	3 230	6 230	26
28	195	635	1 270	1 470	3 430	5 880	260	785	1 960	3 920	2 940	6 370	9 800	520	1 570	3 430	6 370	2 010	3 920	3 720	7 210	28
30	245	735	1 470	1 770	3 920	6 860	275	835	2 150	4 410	3 330	6 860	10 300	585	1 770	3 720	6 860	2 500	4 850	4 660	8 920	30
32	245	785	1 570	2 150	4 410	7 840	290	880	2 350	4 900	3 630	7 350	10 800	645	1 960	4 120	7 840	2 500	4 850	4 660	8 920	32
34	345	880	1 810	2 450	4 900	8 820	325	980	2 450	5 390	3 920	7 840	11 800	645	2 150	4 410	8 330	3 090	6 030	5 730	11 100	34

11-4-2 Cantidad de precarga para rodamientos de bolas axiales

Cuando se hace girar un rodamiento axial de bolas a alta velocidad, las bolas se deslizan sobre la pista de rodadura debido a la fuerza centrífuga y al momento giroscópico, lo que a menudo provoca que la pista sufra microaderencias u otros defectos.

Para eliminar dicho deslizamiento, es necesario montar el rodamiento sin ajuste y aplicar una carga axial (precarga) mayor que la carga axial mínima necesaria determinada por la siguiente ecuación.

Cuando una carga axial desde el exterior es inferior a $0,0013 C_{0a}$, no hay ningún efecto adverso en el rodamiento, siempre y cuando la lubricación sea satisfactoria.

En general, se recomiendan para rodamientos rígidos de bolas y de bolas de contacto angular para aplicaciones cuando una parte de la rotación bajo la carga axial está presente a alta velocidad.

11-4-3 Cantidad de precarga para rodamientos axiales de rodillos esféricos

Los rodamientos axiales de rodillos esféricos a veces sufren de desgaste abrasivo, manchas u otros defectos debido al deslizamiento que ocurre entre el rodillo y la superficie del camino de rodadura en funcionamiento.

Para eliminar dicho deslizamiento, es necesario montar el rodamiento sin juego y aplicar una carga axial (precarga) mayor que la carga axial mínima necesaria.

De los dos valores determinados por las dos ecuaciones siguientes, se debe definir la máxima como la carga axial mínima necesaria.

* Rodamiento axial de bolas (ángulo de contacto : 90°)

$$F_{a \min} = 5.1 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 \cdot \left(\frac{C_{0a}}{1000} \right)^2 \times 10^{-3} \quad (11-1)$$

* Rodamiento axial de rodillos esféricos (se debe tomar el valor más alto determinado por las dos ecuaciones.)

$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{2000} \quad (11-2)$$

$$F_{a \min} = 1.8F_r + 1.33 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 \cdot \left(\frac{C_{0a}}{1000} \right)^2 \times 10^{-4} \quad (11-3)$$

Donde :

$F_{a \min}$: carga axial mínima necesaria	N
n : velocidad rotacional	min^{-1}
C_{0a} : capacidad de carga axial estática	N
F_r : carga radial	N

12. Lubricación de los rodamientos

12-1 Método y propósito de la lubricación

La lubricación es uno de los factores más importantes que determinan el rendimiento del rodamiento. La idoneidad del lubricante y el método de lubricación tienen una influencia dominante en la vida del rodamiento.

Funciones de la lubricación :

- * Lubricar cada parte del rodamiento, y para reducir la fricción y el desgaste
- * Llevarse el calor generado adentro del rodamiento debido a la fricción y otras causas
- * Cubrir la superficie de contacto rodante con la película de aceite adecuada para prolongar la vida útil de fatiga del rodamiento
- * Evitar la corrosión y la contaminación por la suciedad

La lubricación de los rodamientos se clasifica en dos categorías: lubricación con grasa y lubricación con aceite. La Tabla 12-1 hace una comparación general entre los dos.

Tabla 12-1 Comparación entre lubricación con grasa y aceite

Item	Grasa	Aceite
Dispositivo de sellado	Fácil	El cuidado es ligeramente complicado y requiere de un cuidado especial para el mantenimiento
Capacidad de lubricación	Buena	Excelente
Velocidad de rotación	Velocidad baja/media	Aplicable también a alta velocidad
Reemplazo del lubricante	Ligeramente problemático	Fácil
Vida del lubricante	Relativamente corta	Larga
Efecto refrigerante	Sin efecto refrigerante	Buena (la circulación es necesaria)
Filtración de la suciedad	Difícil	Fácil

12-1-1 Lubricación con grasa

La lubricación con grasa se aplica ampliamente ya que no hay necesidad de reabastecimiento durante un período largo una vez que se llena con la grasa, y una estructura relativamente simple puede ser suficiente para el dispositivo de sellado del lubricante.

Hay dos métodos de lubricación con grasa. Una es el método de lubricación cerrada, en el que la grasa se llena con antelación en un rodamiento blindado / sellado; El otro es el método de alimentación, en el que el rodamiento y el alojamiento se llenan de grasa en cantidades apropiadas al principio y se vuelven a llenar a intervalos regulares mediante reposición o reemplazo.

Los dispositivos con numerosas entradas de grasa a veces emplean el método de lubricación centralizado, en el que las entradas están conectadas a través de tuberías y se suministra grasa colectivamente.

1) Cantidad de grasa

En general, la grasa debe llenar aproximadamente un tercio a la mitad del espacio interior, aunque esto varía según la estructura y el espacio interior del alojamiento.

Debe tenerse en cuenta que la grasa excesiva generará calor cuando se agita y, en consecuencia, la alterará, deteriorará o ablandará.

Cuando el rodamiento se hace funcionar a baja velocidad, sin embargo, el espacio interior a veces se llena de grasa hasta dos tercios de la totalidad, con el fin de evitar la infiltración de contaminantes.

2) Reposición / sustitución de la grasa

El método de reponer / reemplazar la grasa depende en gran medida del método de lubricación. Cualquiera que sea el método que se utilice, debe tenerse cuidado de usar grasa limpia y de mantener la suciedad u otros materiales extraños fuera del alojamiento.

Además, es deseable rellenar con grasa de la misma marca que la llenada al principio. Cuando se reengrasa, se debe inyectar nueva grasa dentro del rodamiento.

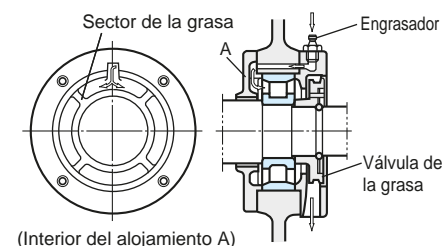


Fig. 12-1 Ejemplo del método de alimentación de grasa (utilizando el sector de la grasa)

En el ejemplo, el interior del alojamiento está dividido por sectores de grasa. La grasa llena un sector, luego fluye hacia el rodamiento.

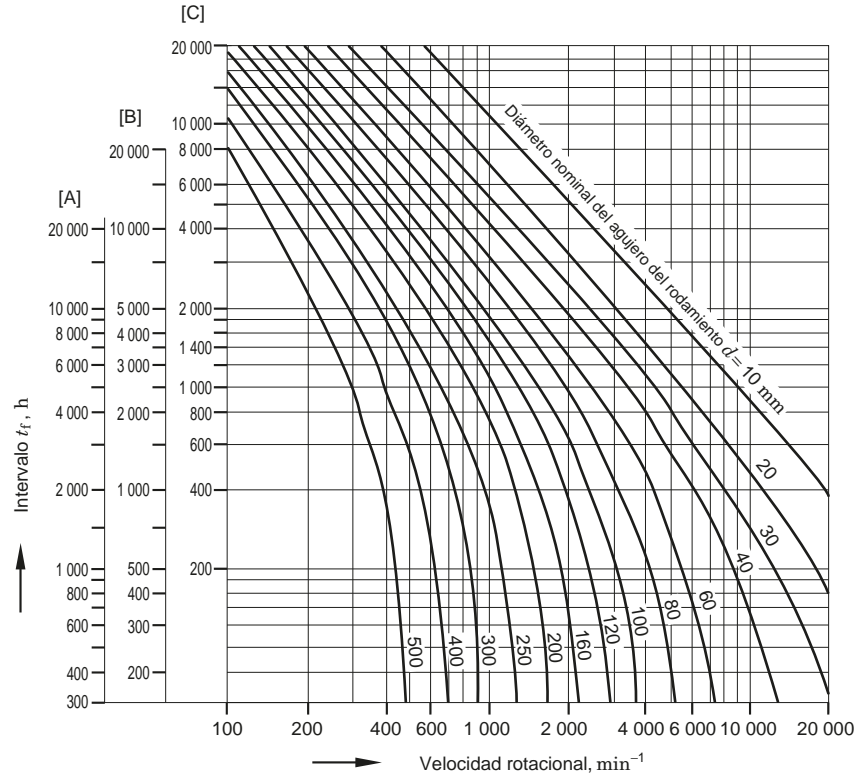
Por otra parte, la grasa que fluye hacia atrás desde el interior es expulsada del rodamiento por la fuerza centrífuga de la válvula de grasa.

Cuando no se utiliza la válvula de grasa, es necesario ampliar el espacio del alojamiento en el lado de descarga para almacenar la grasa vieja.

El alojamiento es descubierto y la grasa vieja almacenada se retira a intervalos regulares.

3) Intervalo de reengrase

En funcionamiento normal, la vida útil de la grasa se debe considerar aproximadamente como se muestra en la Fig. 12-2, y la reposición / sustitución debe llevarse a cabo en consecuencia.



[Notas] 1) [A] : rodamiento radial de bolas

[B] : rodamientos de rodillos cilíndricos, rodamientos de aguja

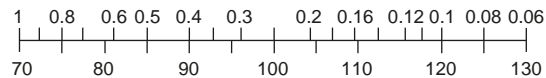
[C] : rodamiento de rodillos cónicos, rodamientos de rodillos esféricos, rodamiento axial de bolas

2) Corrección de la temperatura

Cuando la temperatura de funcionamiento del rodamiento supere los 70°C, se debe aplicar t_f' , obtenido multiplicando t_f por el coeficiente de corrección a , que se encuentra en la escala siguiente, como intervalo de alimentación.

$$t_f' = t_f \times a$$

Coeficiente de corrección de temperatura a



Temperatura de funcionamiento del rodamiento T °C

Fig. 12-2 Intervalo de reengrase

4) Vida útil de la grasa en rodamientos de bolas blindados / sellados

La vida útil de la grasa se puede estimar mediante la siguiente ecuación cuando un rodamiento rígido de bolas de una hilera está lleno de grasa y sellado con escudos o sellos.

$$\log L = 6.10 - 4.40 \times 10^{-6} d_m n - 3.125 \left(\frac{P_r}{C_r} - 0.04 \right) - (0.021 - 1.80 \times 10^{-8} d_m n) T \dots (12-1)$$

donde :

L : vida de la grasa

h

$$d_m = \frac{D + d}{2} \quad (D : \text{diámetro exterior}, d : \text{diámetro del agujero}) \text{ mm}$$

n : Velocidad rotacional

min⁻¹

P_r : Carga radial dinámica equivalente

N

C_r : Capacidad de carga dinámica radial básica

N

T : Temperatura de funcionamiento del rodamiento

°C

Las condiciones para aplicar la ecuación (12-1) son las siguientes:

a) Temperatura de funcionamiento del rodamiento : T °C

Aplicable cuando $T \leq 120$

$$\left(\begin{array}{l} \text{cuando } T < 50, \\ T = 50 \end{array} \right)$$

Cuando $T > 120$, póngase en contacto con JTEKT.

c) Condición de la carga : $\frac{P_r}{C_r}$

Aplicable cuando $\frac{P_r}{C_r} \leq 0.16$

$$\left(\begin{array}{l} \text{cuando } \frac{P_r}{C_r} < 0.04, \\ \frac{P_r}{C_r} = 0.04 \end{array} \right)$$

b) Valor de $d_m n$

Aplicable cuando $d_m n \leq 500 \times 10^3$

$$\left(\begin{array}{l} \text{cuando } d_m n < 125 \times 10^3, \\ d_m n = 125 \times 10^3 \end{array} \right)$$

Cuando $d_m n > 500 \times 10^3$, póngase en contacto con JTEKT.

Cuando $\frac{P_r}{C_r} > 0.16$, póngase en contacto con JTEKT.

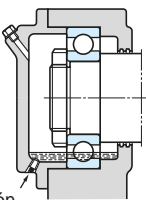
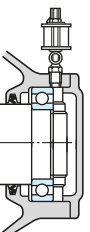
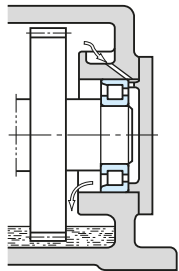
12-1-2 Lubricación con aceite

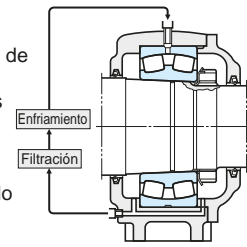
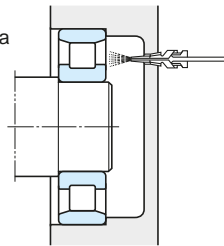
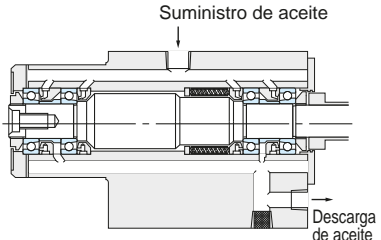
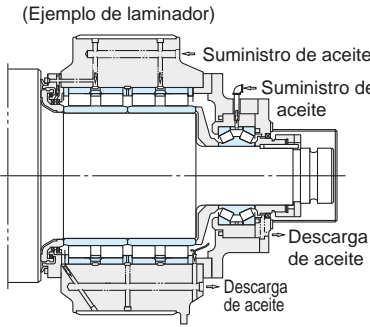
La lubricación con aceite es utilizable incluso a alta velocidad de rotación y algo a alta temperatura, y es eficaz en la reducción de la vibración del rodamiento y el ruido.

Por lo tanto, la lubricación con aceite se utiliza en muchos casos en los que la lubricación con grasa no funciona.

La Tabla 12-2 muestra los principales tipos y métodos de lubricación con aceite.

Table 12-2 Tipo y método de lubricación con aceite

<p>①</p> <p>Baño de aceite</p>	<ul style="list-style-type: none"> * El método más simple de inmersión del rodamiento en aceite para la operación. * Adecuado para baja / media velocidad. * El indicador de nivel de aceite debe ser proporcionado para ajustar la cantidad de aceite. (En el caso del eje horizontal) Alrededor del 50% del elemento rodante más bajo debe sumergirse. (En el caso del eje vertical) Se debe sumergir alrededor del 70 al 80% del rodamiento * Es mejor usar un tapón magnético para evitar que las partículas de hierro se dispersen en el aceite.  <p>un tapón magnético</p>
<p>②</p> <p>Goteo de aceite</p>	<ul style="list-style-type: none"> * El aceite se gotea con un dispositivo de aceitar, y el interior del alojamiento se llena de llovizna de aceite por la acción de las partes giratorias. Este método tiene un efecto de enfriamiento. * Aplicable a una velocidad relativamente alta y hasta una carga media. * En general, se utilizan 5 a 6 gotas de aceite por minuto. (Es difícil ajustar el goteo en cantidades de 1mL/h o menores). * Es necesario evitar que se acumule demasiado aceite en el fondo del alojamiento. 
<p>③</p> <p>Salpicadura de aceite</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Este tipo de método de lubricación hace uso de un engranaje o un simple anillo unido al eje para salpicar el aceite. Este método puede suministrar aceite para rodamientos situados lejos del tanque de aceite. * Utilizable hasta una velocidad relativamente alta. * Es necesario mantener el nivel de aceite dentro de un cierto rango. * Es mejor usar un tapón magnético para evitar que las partículas de hierro se dispersen en el aceite. También es aconsejable instalar un escudo o tablero deflector para evitar que los contaminantes entren en el rodamiento. 

<p>④</p> <p>Circulación forzada de aceite</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Este método emplea un sistema de suministro de aceite continuo. El aceite suministrado se lubrica al interior del rodamiento, se enfría y se devuelve al tanque a través de una tubería de escape de aceite. El aceite, después de ser filtrado y enfriado, es bombeado de vuelta. * Ampliamente utilizado en altas velocidades y condiciones de alta temperatura. * Es mejor utilizar una tubería de escape de aceite aproximadamente de el doble de grosor que la tubería de suministro de aceite para evitar que se acumule demasiado lubricante en el alojamiento. * Cantidad requerida de aceite: ver observación 1. 
<p>⑤</p> <p>Lubricación por chorro de aceite</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Este método utiliza una boquilla para inyectar aceite a una presión constante (0,1 a 0,5 MPa), y es altamente efectivo en el enfriamiento. * Conveniente para alta velocidad y carga pesada. * Generalmente, la boquilla (diámetro 0,5 a 2 mm) se encuentra de 5 a 10 mm del lado del rodamiento. Cuando se genera una gran cantidad de calor, se deben utilizar 2 a 4 boquillas. * Debido a que se suministra una gran cantidad de aceite en el método de lubricación por chorro, el viejo debe ser descargado con una bomba de aceite para evitar un exceso de aceite residual. * Cantidad requerida de aceite: ver observación 1. 
<p>⑥</p> <p>Lubricación de neblina de aceite (lubricación por pulverización)</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Este método emplea un generador de niebla de aceite para producir niebla seca (aire que contiene aceite en forma de niebla). La niebla seca se envía continuamente al proveedor de aceite, donde la niebla se convierte en una niebla húmeda (gotas de aceite pegajoso) por una boquilla instalada en el alojamiento o rodamiento, y luego se rocía sobre el rodamiento. * Cantidad requerida de neblina: ver observación 2. <p>(Ejemplo de rectificadora)</p>  <p>(Ejemplo de laminador)</p> 

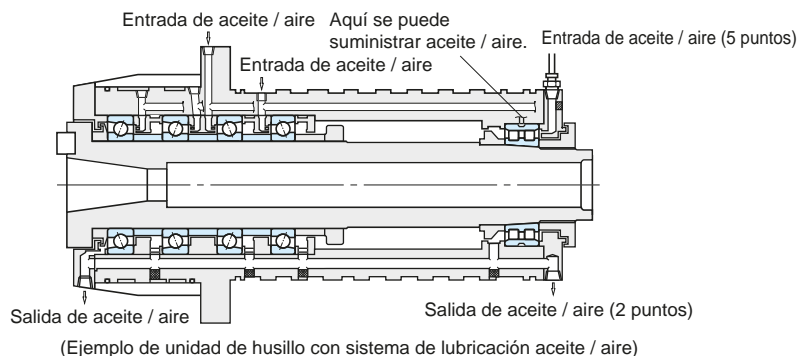
⑦ Lubricación de aceite/ aire

* Una bomba dosificadora envía una pequeña cantidad de aceite, que se mezcla con aire comprimido por una válvula mezcladora. La mezcla se suministra continua y estable al rodamiento.

* Este método permite el control cuantitativo del aceite en cantidades extremadamente pequeñas, suministrando siempre aceite lubricante nuevo. Por lo tanto, es adecuado para máquinas herramientas y otras aplicaciones que requieren alta velocidad.

* El aire comprimido y el aceite lubricante se suministran al husillo, aumentando la presión interna y ayudando a evitar la entrada de suciedad, líquido de corte, etc. Además, este método permite que el aceite lubricante fluya a través de un tubo de alimentación, minimizando la contaminación atmosférica.

■ JTEKT produce un lubricador de aceite / aire y un filtro de aire, así como una unidad de husillo que incorpora el sistema de lubricación aceite / aire. Consulte el folleto "lubricador de aceite / aire y unidad de limpieza de aire"



Observación 1 Suministro de aceite necesario en la circulación forzada de aceite; métodos de lubricación por chorro de aceite

$$G = \frac{1.88 \times 10^{-4} \cdot d \cdot n \cdot P}{60 \cdot c \cdot r \cdot 3 T}$$

donde :

G : suministro de aceite requerido	L/min
μ : coeficiente de fricción (ver tabla a la derecha)	
d : diámetro nominal del agujero	mm
n : velocidad rotacional	min ⁻¹
P : carga dinámica equivalente del rodamiento	N
c : calor específico del aceite	1.88-2.09 kJ/kg K
r : densidad del aceite	g/cm ³
ΔT : subida de temperatura del aceite	K

Valores del coeficiente de fricción μ

Tipo de rodamiento	μ
Rodamiento rígido de bolas	0.001 0 – 0.001 5
Rodamiento de bolas de contacto angular	0.001 2 – 0.002 0
Rodamiento de rodillos cilíndricos	0.000 8 – 0.001 2
Rodamiento de rodillos cónicos	0.001 7 – 0.002 5
Rodamiento de rodillos esféricos	0.002 0 – 0.002 5

Los valores obtenidos por la ecuación anterior muestran las cantidades de aceite necesarias para transportar todo el calor generado, sin tener en cuenta la liberación de calor.

En realidad, el aceite suministrado es generalmente de la mitad a dos tercios del valor calculado.

La liberación de calor varía ampliamente de acuerdo con la aplicación y las condiciones de operación.

Observación 2 Notas sobre la lubricación con neblina de aceite

1) Cantidad requerida de niebla
(Presión de niebla : 5 kPa)

$$(En \text{ el caso de un rodamiento}) \quad Q = 0.11dR$$

$$(En \text{ el caso de dos sellos de aceite combinados}) \quad Q = 0.028d_1$$

donde :

Q : cantidad requerida de niebla	L/min
d : diámetro nominal del agujero	mm
R : número de filas del elemento rodante	
d_1 : diámetro interior del sello de aceite	mm

En el caso de alta velocidad ($d_m n \geq 400 \times 10^3$), es necesario aumentar la cantidad de aceite y aumentar la presión de niebla.

2) Diámetro de la tubería y diseño del orificio / ranura de lubricación.

Cuando el caudal de la niebla en la tubería supera los 5 m/s, la niebla de aceite se condensa repentinamente en aceite líquido.

En consecuencia, el diámetro de la tubería y las dimensiones del agujero / ranura de lubricación en la carcasa deben estar diseñados para mantener el caudal de neblina, obtenido por la siguiente ecuación, de más de 5 m/s.

$$V = \frac{0.167Q}{A} \geq 5$$

where :

V : caudal de niebla	m/s
Q : cantidad de niebla	L/min
A : sección de la tubería o ranura de lubricación	cm ²

3) Neblina de aceite

El aceite utilizado en la lubricación con neblina de aceite debe cumplir los siguientes requisitos.

- * Capacidad de convertirse en niebla
- * Tener alta resistencia a la presión extrema
- * Buena estabilidad al calor / oxidación
- * Resistente a la corrosión
- * Poco probable que genere lodo
- * Desemulsionante superior

La lubricación con neblina de aceite tiene una serie de ventajas para los rodamientos de alta velocidad de rotación.

Sin embargo, su rendimiento se ve afectado en gran medida por las estructuras circundantes y por las condiciones de funcionamiento de los rodamientos.

Si está considerando el uso de este método, póngase en contacto con JTEKT para obtener asesoramiento basado en la larga experiencia de JTEKT con lubricación con neblina de aceite.

12-2 Lubricante

12-2-1 Grasa

La grasa se hace mezclando y dispersando un sólido de alta afinidad al aceite (llamado espesante) con aceite lubricante (como base), y transformándolo en un estado semisólido.

Además, se puede añadir una variedad de aditivos para mejorar el rendimiento específico.

(1) Aceite base

El aceite mineral se utiliza generalmente como aceite de base para la grasa. Cuando se requiere fluidez a baja temperatura, estabilidad a alta temperatura, u otra prestación especial, se utiliza a menudo aceite de diéster, aceite de silicio, aceite poliglicólico, aceite fluorado u otro aceite sintético.

Generalmente, la grasa con un aceite base de baja viscosidad es adecuada para aplicaciones a baja temperatura o alta velocidad de rotación; la grasa con aceites de base de alta viscosidad son adecuados para aplicaciones a alta temperatura o bajo carga pesada.

(2) Espesante

La mayoría de las grasas utilizan una base de jabón metálico como litio, sodio o calcio como espesantes. Para algunas aplicaciones, sin embargo, también se usan espesantes a base de no jabón (sustancias inorgánicas tales como bentonita, gel de sílice, y sustancias orgánicas tales como compuestos de urea, compuestos de flúor).

En general, la estabilidad mecánica, el rango de temperatura de funcionamiento del rodamiento, la resistencia al agua y otras características de la grasa se determinan por el espesante.

(Grasa a base de jabón de litio)

Superior en resistencia al calor, resistencia al agua y estabilidad mecánica.

(Grasa a base de jabón de calcio)

Superior en resistencia al agua; inferior en resistencia al calor.

(Grasa a base de jabón de sodio)

Superior en resistencia al calor; inferior en resistencia al agua.

(Grasa de base no jabón)

Superior en resistencia al calor.

(3) Aditivos

Se utilizan selectivamente varios aditivos para servir los respectivos propósitos de las aplicaciones de grasa.

* Agentes de extrema presión

Cuando los rodamientos deben tolerar cargas pesadas o de impacto.

* Inhibidores de la oxidación

Cuando la grasa no se vuelve a reemplazar por un largo periodo. También se utilizan estabilizadores de estructura, antioxidantes e inhibidores de corrosión.

(4) Consistecia

La consistencia, indica la dureza de la grasa, se expresa como una cifra obtenida de acuerdo con ASTM (JIS), multiplicando por 10 la profundidad (en mm) a la que penetra el émbolo metálico en forma de cono en la grasa a 25°C dejándolo caer en 5 segundos. Cuanto más suave sea la grasa, mayor será la penetración.

La Tabla 12-4 muestra las relaciones entre las escalas NLGI y los índices de penetración ASTM (JIS), condiciones de servicio de la grasa.

(NLGI: Instituto Nacional de Grasa Lubricante).

Tabla 12-4 Consistencia de la grasa

Escala NLGI	Índice de penetración ASTM (JIS) (25°C, 60 operaciones de mezcla)	Condiciones de servicio/aplicación
0	355 – 385	Para lubricación centralizada
1	310 – 340	Para lubricación centralizada a baja temperatura
2	265 – 295	Para uso general
3	220 – 250	Para uso general, a alta temperatura
4	175 – 205	Para aplicaciones especiales

(5) Mezcla de diferentes grasas

Dado que la mezcla de diferentes grasas cambia sus propiedades, las grasas de diferentes marcas no deben mezclarse.

Si no se puede evitar la mezcla, se deben usar grasas que contengan el mismo espesante.

Incluso si las grasas mezcladas contienen el mismo espesante, sin embargo, la mezcla puede producir efectos adversos, debido a la diferencia en aditivos u otros factores.

Por lo tanto, es necesario comprobar los efectos de una mezcla por adelantado, mediante pruebas u otros métodos.

Tabla 12-3 Características de las respectivas grasas

	Grasa de litio			Grasa de calcio (grasa de copa)	Grasa de sodio (grasa de fibra)		Base de grasa compleja		Base de grasa sin jabón			
Espeante	Jabon de litio			Jabón de calcio	Jabón de sodio		Jabón complejo de litio	Jabón complejo de calcio	Bentonita	Compuestos de urea	Compuestos de flúor	Espeante
Aceite base	Aceite mineral	Aceite sintético (aceite de diéster)	Aceite sintético (aceite de silicona)	Aceite mineral	Aceite mineral		Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral/sintético	Aceite sintético	Aceite sintético
Punto de goteo (°C)	170 a 190	170 a 230	220 a 260	80 a 100	160 a 180		250 o más alto	200 a 280	—	240 más alto	250 más alto	Punto de goteo (°C)
Rango de temperatura de funcionamiento (°C)	– 30 a + 120	– 50 a + 130	– 50 a + 180	– 10 a + 70	0 a + 110		– 30 a + 150	– 10 a + 130	– 10 a + 150	– 30 a + 150	– 40 a + 250	Rango de temperatura de funcionamiento (°C)
Rango de velocidad de rotación	Medio a alto	Alto	Bajo a medio	Bajo a medio	Bajo a alto		Bajo a alto	Bajo a medio	Medio a alto	Bajo a alto	Bajo a medio	Rango de velocidad de rotación
Estabilidad mecánica	Excelente	Bueno a excelente	Bueno	Regular a buena	Bueno a excelente		Bueno a excelente	Bueno	Bueno	Bueno a excelente		Estabilidad mecánica
Resistencia al agua	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Malo		Bueno a excelente	Bueno	Bueno	Bueno a excelente	Bueno	Resistencia al agua
Resistencia a la presión	Bueno	Regular	Malo a regular	Regular	Bueno a excelente		Bueno	Bueno	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno	Resistencia a la presión
Observaciones	Más ampliamente utilizable para diversos rodamientos.	Características superiores a bajas temperaturas y fricción. Apto para rodamientos para instrumentos de medición y rodamientos de bolas extra pequeños para motores eléctricos pequeños.	Características superiores de alta y baja temperatura.	Adecuado para aplicaciones a baja velocidad de rotación y bajo carga ligera. No aplicable a altas temperaturas.	Se puede emulsionar en presencia de agua. Utilizado a una temperatura relativamente alta.		Superior estabilidad mecánica y resistencia al calor. Utilizado a una temperatura relativamente alta.	Resistencia a la presión superior cuando se agrega un agente de extrema presión. Se utiliza en rodamientos para laminadores.	Adecuado para aplicaciones a alta temperatura y bajo carga relativamente pesada.	Resistencia superior al agua, estabilidad a la oxidación y estabilidad térmica. Adecuado para aplicaciones a alta temperatura y alta velocidad.	Resistencia química superior y resistencia a solventes. Utilizable hasta 250°C.	Observaciones

12-2-2 Aceite lubricante

Para la lubricación, los rodamientos emplean generalmente aceites minerales altamente refinados, que tienen una estabilidad de oxidación superior, un efecto antioxidante y una alta resistencia de película.

Con la diversificación de rodamientos, sin embargo, varios aceites sintéticos se han puesto en uso.

Estos aceites sintéticos contienen diversos aditivos (inhibidores de oxidación, agentes antioxidantes, agentes antiespumantes, etc.) para mejorar propiedades específicas. La Tabla 12-5, muestra las características de los aceites lubricantes.

Los aceites lubricantes minerales se clasifican por aplicaciones en JIS y MIL.

Tabla 12-5 Características del aceite de lubricación

Tipo de aceite de lubricación	Aceite mineral altamente refinado	Principales aceites sintéticos				
		Aceite de diéster	Aceite de silicona	Aceite poliglicólico	Aceite de éter de polifenilo	Aceite fluorado
Rango de temperatura de funcionamiento(°C)	− 40 to + 220	− 55 to + 150	− 70 to + 350	− 30 to + 150	0 to + 330	− 20 to + 300
Lubricidad	Excelente	Excelente	Regular	Bueno	Bueno	Excelente
Estabilidad a la oxidación	Bueno	Bueno	Regular	Regular	Excelente	Excelente
Resistencia a la radioactividad	Malo	Malo	Malo a regular	Malo	Excelente	—

[Selección del aceite lubricante]

El criterio más importante en la selección de un aceite lubricante es si el aceite proporciona una viscosidad adecuada a la temperatura de funcionamiento del rodamiento.

Los valores estándar de la viscosidad cinemática adecuada se pueden obtener a través de la selección por el tipo de rodamiento según la Tabla 12-6 primero, luego a través de la selección por condiciones de funcionamiento del rodamiento según la Tabla 12-7.

Cuando la viscosidad del aceite lubricante es demasiado baja, la película de aceite será insuficiente. Por otro lado, cuando la viscosidad es demasiado alta, se generará calor debido a la resistencia viscosa.

En general, cuanto más pesada sea la carga y más alta sea la temperatura de funcionamiento, mayor será la viscosidad del aceite lubricante; mientras que, cuanto mayor sea la velocidad de rotación, menor será la viscosidad.

La Fig. 12-3 ilustra la relación entre la viscosidad del aceite lubricante y la temperatura.

Tabla 12-6 Viscosidad cinemática adecuada por tipo de rodamiento

Tipo de rodamiento	Viscosidad cinemática adecuada a temperatura de funcionamiento
Rodamiento de bolas Rodamiento de rodillos cilíndricos	13mm ² /s o mayor
Rodamiento de rodillos cónicos Rodamiento de rodillos esféricos	20mm ² /s o mayor
Rodamiento axial de rodillos esféricos	32mm ² /s o mayor

Tabla 12-7 Viscosidades cinemáticas adecuadas para condiciones de funcionamiento del rodamiento

Temperatura de operación	$d_m n$ Valor	Viscosidad cinemática adecuada (expresada en grado de viscosidad ISO o Nt° SAE)	
		Carga ligera / normal	Carga pesada / de impacto
− 30 a 0 °C	Todas las velocidades de rotación	ISO VG 15, 22, 46 (Aceite de refrigeración de máquinas)	---
0 a 60 °C	300 000 o menor	ISO VG 46 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina)	ISO VG 68 SAE 30 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina)
	300 000 a 600 000	ISO VG 32 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina)	ISO VG 68 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina)
	600 000 o mayor	ISO VG 7, 10, 22 (Aceite de rodamiento)	---
60 a 100 °C	300 000 o menor	ISO VG 68 (Aceite de rodamiento)	ISO VG 68, 100 SAE 30 (Aceite de rodamiento)
	300 000 a 600 000	ISO VG 32, 46 (Aceite de rodamiento Aceite de turbinas)	ISO VG 68 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina)
	600 000 o mayor	ISO VG 22, 32, 46 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina Aceite de máquinas)	---
100 a 150 °C	300 000 o menor	ISO VG 68, 100 SAE 30, 40 (Aceite de rodamiento)	ISO VG 100 to 460 (Aceite de rodamiento Aceite para engranajes)
	300 000 a 600 000	ISO VG 68 SAE 30 (Aceite de rodamiento Aceite de turbina)	ISO VG 68, 100 SAE 30, 40 (Aceite de rodamiento)

- [Observaciones] 1. $d_m n = \frac{D+d}{2} \times n \dots \{D : \text{diámetro nominal externo (mm)}, d : \text{diámetro nominal del agujero (mm)}, n : \text{velocidad rotacional (min}^{-1})\}$
2. Véase el aceite de la refrigeracion de maquinas (JIS K 2211), aceite de turbina (JIS K 2213), aceite de engranajes (JIS K 2219), aceite de máquinas (JIS K 2238) y aceite de rodamientos (JIS K 2239).
3. Póngase en contacto con JTEKT si la temperatura de funcionamiento de los rodamientos es inferior a -30°C o superior a 150°C.

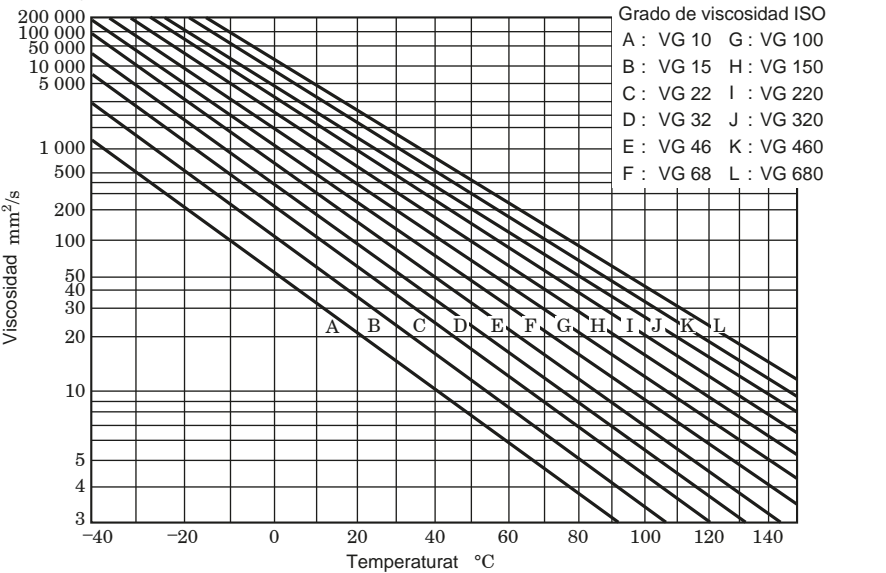


Fig. 12-3 Relación entre la viscosidad del aceite lubricante y la temperatura (índice de viscosidad :100)

13. Materiales para rodamientos

Los materiales para rodamientos incluyen acero para los aros de los rodamientos y elementos rodantes, así como chapa de acero, acero, aleación de cobre y resinas sintéticas para jaulas.

Estos materiales para rodamientos deben poseer las siguientes características:

- | | |
|--|---|
| 1) Alta elasticidad, durable bajo alto esfuerzo de contacto parcial. | Aros de los rodamientos |
| 2) Alta resistencia contra la fatiga del contacto debido a la gran carga de contacto repetitiva. | |
| 3) Fuerte dureza | Elementos rodantes |
| 4) Alta resistencia a la abrasión | |
| 5) Alta tenacidad contra la carga de impacto | Aros de los rodamientos
Elementos rodantes
Jaulas |
| 6) Excelente estabilidad dimensional | |

13-1 Aros de los rodamientos y materiales de los elementos rodantes

1) Acero al cromo con alto contenido de carbono

El acero al cromo con alto contenido de carbón para rodamiento especificado en JIS se utiliza como el material en general en los aros de los rodamientos (aros interiores, aros exteriores) y elementos rodantes (bolas, rodillos).

Su composición química clasificada por tipo de acero se da en la Tabla 13-1.

Entre estos tipos de acero, suele utilizarse generalmente el SUJ 2. SUJ 3, que contiene Mn y Si adicionales, posee alta templabilidad y es comúnmente usado para rodamientos de sección gruesa.

SUJ 5 ha aumentado la templabilidad, ya que se desarrolló añadiendo Mo a SUJ 3.

Para los rodamientos de tamaño pequeño y mediano, SUJ 2 y SUJ 3 se utilizan, y para los rodamientos de tamaño grande y extra grande con secciones gruesas, SUJ 5 es ampliamente utilizado.

Generalmente, estos materiales se procesan en la forma especificada y luego se someten a tratamiento de endurecimiento y recocido hasta que alcanzan una dureza de 57 a 64 HRC.

Tabla 13-1 Composición química del acero al cromo con alto contenido de carbono

Estándar	Código	Composición química (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Cr
JIS G 4805	SUJ 2	0.95 – 1.10	0.15 – 0.35	No más que 0.50	No más que 0.025	No más que 0.025	1.30 – 1.60
	SUJ 3	0.95 – 1.10	0.40 – 0.70	0.90 – 1.15			0.90 – 1.20
	SUJ 5	0.95 – 1.10	0.40 – 0.70	0.90 – 1.15			0.90 – 1.20
SAE J 404	52100	0.98 – 1.10	0.15 – 0.35	0.25 – 0.45	No más que 0.025	No más que 0.025	1.30 – 1.60

[Observación] En relación con los rodamientos endurecidos por inducción, se utiliza acero al carbono con un alto contenido de carbono de 0,55 a 0,65%, además de los indicados en este cuadro.

2) Acero de cementación para rodamientos (Acero endurecido)

Cuando un rodamiento recibe fuertes cargas de impacto, la superficie del rodamiento debe ser dura y el interior suave.

Dichos materiales deben poseer una cantidad adecuada de carbono, estructura densa y profundidad de cementación en su superficie, mientras que tienen una dureza adecuada y una estructura fina internamente.

Para este propósito, se utilizan como materiales acero al cromo y níquel-cromo-molibdeno.

Los materiales típicos de acero se muestran en la Tabla 13-2.

3) Acero para rodamientos según las especificaciones estándar de JTEKT

En términos generales, se sabe que las inclusiones no metálicas contenidas en los materiales son perjudiciales para la vida de fatiga por el contacto de rodadura.

En JTEKT, para reducir la cantidad de inclusiones no metálicas, que son perjudiciales para la vida de fatiga, ponemos los compuestos químicos del acero de rodamiento de una manera apropiada. Como resultado, los rodamientos estándar JTEKT tienen una vida que es aproximadamente el doble que los rodamientos generales que son los enfocados en JIS B 1518 (e ISO 281).

Por lo tanto, las capacidades de carga dinámica básica de los rodamientos estándar JTEKT son 1,25 veces las capacidades de carga dinámica establecidas en JIS B 1518 (e ISO 281).

Este acero para los rodamientos estándar JTEKT no se aplica a los rodamientos de aplicación especial de este catálogo general. Si necesita rodamientos de aplicaciones especiales con larga vida, póngase en contacto con JTEKT.

4) Otros

Para aplicaciones especiales, el tratamiento térmico especial que se muestra a continuación puede utilizarse de acuerdo con diversas condiciones de uso.

[Fiabilidad extremadamente alta]

Rodamientos SH ¹⁾

..... Mediante el uso de la tecnología de tratamiento térmico desarrollada por JTEKT para realizar un tratamiento térmico especial en acero con alto contenido de carbono, hemos mejorado la dureza superficial de estos productos y les proporcionamos esfuerzo residual de compresión, lo que ha dado alta fiabilidad especialmente en términos de resistencia a cuerpos extraños.

Rodamientos KE ²⁾

..... Mediante el uso de la tecnología de tratamiento térmico desarrollada por JTEKT para realizar un tratamiento térmico especial sobre el acero de los rodamientos cementados, hemos mejorado la dureza superficial de estos productos y ajustado su cantidad de austenita residual, lo que ha dado alta fiabilidad especialmente en cuanto a resistencia a cuerpos extraños.

1) Acrónimo de Tratamiento térmico especial (S H)

2) Acrónimo de Rodamiento Koyo EXTRA-LIFE

Tabla 13-2 Composición química del acero de cementación para rodamientos

Estándar	Código	Composición química (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
JIS G 4053	SCr 415	0.13 – 0.18	0.15 – 0.35	0.60 – 0.85	No más que 0.030	No más que 0.030	–	0.90 – 1.20	–
	SCr 420	0.18 – 0.23	0.15 – 0.35	0.60 – 0.85			–	0.90 – 1.20	–
	SCM 420	0.18 – 0.23	0.15 – 0.35	0.60 – 0.85	No más que 0.030	No más que 0.030	–	0.90 – 1.20	0.15 – 0.30
	SNCM 220	0.17 – 0.23	0.15 – 0.35	0.60 – 0.90			0.40 – 0.70	0.40 – 0.65	0.15 – 0.30
	SNCM 420	0.17 – 0.23	0.15 – 0.35	0.40 – 0.70			1.60 – 2.00	0.40 – 0.65	0.15 – 0.30
	SNCM 815	0.12 – 0.18	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60			4.00 – 4.50	0.70 – 1.00	0.15 – 0.30
SAE J 404	5120	0.17 – 0.22	0.15 – 0.35	0.70 – 0.90	No más que 0.035	No más que 0.040	–	0.70 – 0.90	–
	8620	0.18 – 0.23	0.15 – 0.35	0.70 – 0.90	No más que 0.035	No más que 0.040	0.40 – 0.70	0.40 – 0.60	0.15 – 0.25
	4320	0.17 – 0.22	0.15 – 0.30	0.45 – 0.65	No más que 0.025	No más que 0.025	1.65 – 2.00	0.40 – 0.60	0.20 – 0.30

13-2 Materiales utilizados para jaulas

Dado que las características de los materiales utilizados para las jaulas influyen en gran medida en el rendimiento y la fiabilidad de los rodamientos, la elección de los materiales es de gran importancia.

Es necesario seleccionar materiales de jaula de acuerdo con la forma requerida, facilidad de lubricación, esfuerzo y resistencia a la abrasión.

Los materiales típicos utilizados para las jaulas metálicas se muestran en las Tablas 13-3 y 13-4. Además, a menudo se usan jaulas mecanizadas de resina fenólica y otras jaulas moldeadas con resina sintética.

Los materiales utilizados típicamente para las jaulas moldeadas son poliacetal, poliamida (Nylon 6.6, Nylon 4.6) y polímero que contiene flúor, que se refuerzan con fibras de vidrio y carbono.

Tabla 13-3 Composiciones químicas de la chapa de acero de la jaula prensada (A) y del acero al carbono de la jaula mecanizada (B)

	Estándar	Código	Composición química (%)						
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
(A)	JIS G 3141	SPCC	No más que 0.12	—	No más que 0.50	No más que 0.040	No más que 0.045	—	—
	JIS G 3131	SPHC	No más que 0.15	—	No más que 0.60	No más que 0.050	No más que 0.050	—	—
	BAS 361	SPB 2	0.13 – 0.20	No más que 0.04	0.25 – 0.60	No más que 0.030	No más que 0.030	—	—
	JIS G 4305	SUS 304	No más que 0.08	No más que 1.00	No más que 2.00	No más que 0.045	No más que 0.030	8.00 – 10.50	18.00 – 20.00
(B)	JIS G 4051	S 25 C	0.22 – 0.28	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60	No más que 0.030	No más que 0.035	—	—

Tabla 13-4 Composición química de la fundición de latón de alta resistencia de las jaulas mecanizadas (%)

Estándar	Código	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	Impureza	
									Pb	Si
JIS H 5120	CAC 301 (HBsC ^{*)})	55 – 60	33 – 42	0.1 – 1.5	0.5 – 1.5	0.5 – 1.5	No más que 1.0	No más que 1.0	No más que 0.4	No más que 0.1

* : Se utiliza material con HBsC.

14. Diseño del eje y del alojamiento

Al diseñar el eje y la carcasa, se debe tener en cuenta lo siguiente.

- 1) Los ejes deben ser gruesos y cortos.
(Con el fin de reducir la distorsión, incluyendo la flexión)
- 2) Las carcasas deben poseer suficiente rigidez.
(Con el fin de reducir la distorsión causada por la carga).

[Nota] Para alojamientos de aleaciones ligeras, se puede proporcionar rigidez insertando un casquillo de acero.

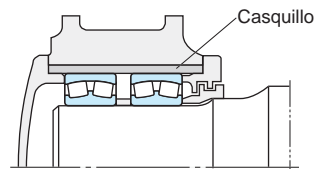


Fig. 14-1 Ejemplo de alojamiento de aleación ligera

- 3) La superficie de montaje del eje y del alojamiento deben estar maquinadas para adquirir la precisión y rugosidad requeridas.
La cara extrema del hombro debe estar acabada para ser perpendicular al centro del eje o a la superficie del agujero de la carcasa. (Consulte la tabla 14-1).

- 4) El radio del hombro (r_a) debe ser menor que la dimensión del chaflán del rodamiento.
(Véase las tablas 14-2, 14-3)

[Notas] Por lo general debe ser maquinado para formar un simple arco circular.
(Véase la figura 14-2)

Cuando el eje recibe un acabado rectificado, puede proporcionarse un rebaje.
(Fig. 14-3)

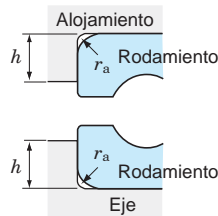


Fig. 14-2 Radio del hombro

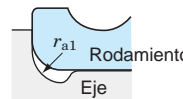


Fig. 14-3 Rebaje de salida

- 5) La altura del hombro (h) debe ser menor que el diámetro exterior del aro interior y mayor que el diámetro del agujero del aro exterior de modo que el rodamiento se pueda desmontar fácilmente.
(Véase la figura 14-2 y la tabla 14-2)
- 6) Si el radio de curvatura debe ser mayor que el chaflán del rodamiento, o si el hombro del eje / alojamiento debe estar bajo / alto, inserte un espaciador entre el aro interior y el reborde del eje como se muestra en la Fig. 14-4, o entre el aro exterior y el hombro del alojamiento.

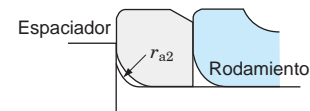


Fig. 14-4 Ejemplo de eje con espaciador

- 7) Las rosas del tornillo y tuercas de seguridad deben ser completamente perpendicular al centro del eje. Es deseable que la dirección de apriete de las rosas y tuercas de bloqueo sea opuesta a la dirección de giro del eje.
- 8) Cuando se utilizan alojamientos divididos, las superficies donde se encuentran los alojamientos deben ser de acabado fino y provistas de un ángulo en los extremos interiores de las superficies que se encuentran.

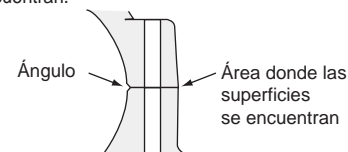


Fig. 14-5 Ángulos en la unión de las superficies

14-1 Precisión y rugosidad de los ejes y alojamientos

La superficie de montaje del eje y del alojamiento puede ser terminada por torneado o maquinado fino cuando el rodamiento se utiliza en condiciones generales de funcionamiento. Sin embargo, si las condiciones requieren mínima vibración y ruido, o si el rodamiento se utiliza en condiciones de operaciones severas, se requiere un rectificado fino.

La precisión y rugosidad recomendadas de los ejes y alojamientos bajo condiciones generales se dan en la Tabla 14-1.

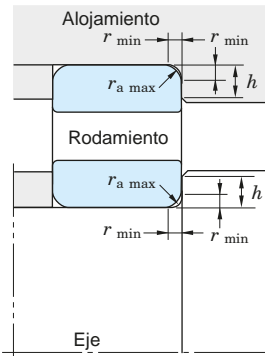
Tabla 14-1 Precisión y rugosidad recomendadas de ejes y alojamientos

Item	Clase de rodamiento	Eje	Agujero del alojamiento
Tolerancia de redondez	clases 0, 6	IT 3 – IT 4	IT 4 – IT 5
	clases 5, 4	IT 2 – IT 3	IT 2 – IT 3
Tolerancia de forma cilíndrica	clases 0, 6	IT 3 – IT 4	IT 4 – IT 5
	clases 5, 4	IT 2 – IT 3	IT 2 – IT 3
Tolerancia de decentre del hombro	clases 0, 6	IT 3	IT 3 – IT 4
	clases 5, 4	IT 3	IT 3
Rugosidad de superficies de ajuste Ra	Rodamientos de tamaño pequeño	0.8 a	1.6 a
	Rodamientos de gran tamaño	1.6 a	3.2 a

[Observación] Consulte las cifras indicadas en la tabla adjunta cuando se requiera la tolerancia básica IT.

Tabla 14-2 Radio de enlace del eje / alojamiento y altura del hombro de los rodamientos radiales

Unidad : mm



[Notas]

- Se requiere la altura de los hombros mayores que las especificadas en la Tabla para acomodar cargas axiales pesadas.
- Utilizado cuando una carga axial es pequeña. Estos valores no se recomiendan para rodamientos de rodillos cónicos, rodamientos de bolas de contacto angular o rodamientos de rodillos esféricos.

[Observación]

El radio de enlace se puede aplicar a los rodamientos axiales.

14-2 Dimensiones de montaje

Las dimensiones de montaje significan las dimensiones necesarias para montar un rodamiento en ejes o alojamiento, que incluyen el radio de filete o los diámetros de los hombros.

Los valores estándar se muestran en la tabla 14-2. (Las dimensiones relacionadas con el montaje de cada rodamiento están indicadas en la tabla de especificaciones del rodamiento.)

En la tabla 14-3 se dan las dimensiones de los rebajos de rectificado para ejes bastos.

Para los rodamientos axiales, las dimensiones de montaje deben ser cuidadosamente determinadas de tal manera que la pista del rodamiento sea perpendicular al soporte y el área de soporte sea lo suficientemente ancha.

Para los rodamientos axiales de bolas, el diámetro de los resaltes del eje d_a debe ser mayor que el diámetro primitivo del conjunto de bolas, mientras que el diámetro del resalte de la caja D_a debe ser menor que el diámetro primitivo del juego de bolas. (Fig.14-6)

Para los rodamientos axiales de rodillos, el diámetro D_a/d_a del alojamiento / eje debe cubrir las longitudes de los rodillos (Fig. 14-7)

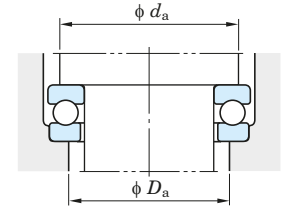


Fig. 14-6 Rodamiento axial de bolas

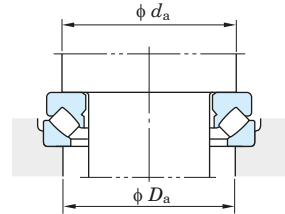
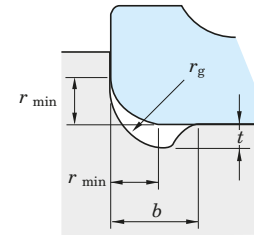


Fig. 14-7 Rodamiento axial de rodillos esféricos

Tabla 14-3 Dimensiones del rebaje de salida para ejes rectificados



Unidad : mm

Dimensión del chaflán de aro interior r_{min}	Dimensiones del rebaje de salida		
	t	r_g	b
1	0.2	1.3	2
1.1	0.3	1.5	2.4
1.5	0.4	2	3.2
2	0.5	2.5	4
2.1	0.5	2.5	4
3	0.5	3	4.7
4	0.5	4	5.9
5	0.6	5	7.4
6	0.6	6	8.6
7.5	0.6	7	10

14-3 Diseño del eje

Cuando los rodamientos están montados sobre ejes, el método de fijación debe ser cuidadosamente determinado. Los ejemplos de diseño de ejes para los rodamientos de agujero cilíndricos se dan en la tabla 14-4, y los de rodamientos con agujero cónico en la tabla 14-5.

Tabla 14-4 Diseños de montaje para rodamientos con agujero cilíndrico

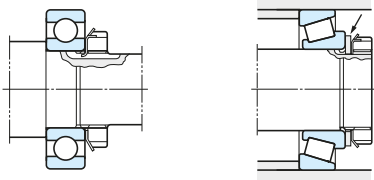
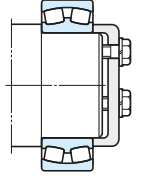
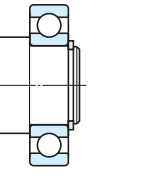
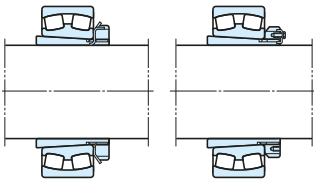
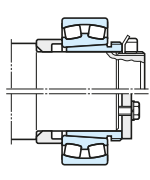
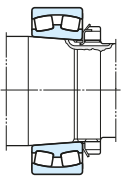
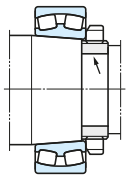
(a) Tuerca de fijación del eje	(b) Placa de cierre	(c) Localización del anillo elástico
		
Las arandelas de fijación se utilizan para prevenir el aflojamiento de las contratuercas. Cuando los rodamientos de rodillos cónicos o los rodamientos de bolas de contacto angular se montan en ejes, se deben añadir arandelas planas de varios mm de espesor como se muestra arriba (a la derecha) y apretarlas con tuerca.	El extremo del eje debe tener agujeros para tornillo.	Se utiliza cuando el alojamiento interior está limitado, o para simplificar el mecanizado del eje.

Tabla 14-5 Diseños de montaje para rodamientos con agujero cónico

(d) Montaje con adaptador	(e) Manguito de desmontaje	(f) Tuerca de fijación del eje	(g) Anillo partido
			
El método más simple para el posicionamiento axial es simplemente fijar un manguito adaptador al eje y apretar las contratuercas. Para evitar el aflojamiento de la contratuercas, se usan arandelas de bloqueo (no más de 180 mm de diámetro del eje) o placa de bloqueo (no menos de 200 mm de diámetro del eje).	La contratuercas (arriba) o la placa de cierre (abajo) fija el rodamiento con un manguito de extracción, lo que facilita el desmontaje del rodamiento.	El eje está roscado de la misma manera que se muestra en la fig. (a). El rodamiento se fija apretando la contratuercas.	Un aro dividido con diámetro exterior roscado se inserta en la ranura del eje cónico. A menudo se utiliza una guía para evitar que la contratuercas y el aro partido se alojen.

14-4 Dispositivos de obturación

Los dispositivos de sellado no sólo impiden la entrada de materiales extraños (suciedad, agua, polvo metálico), sino que evitan que el lubricante desde su interior gotee.

Si el dispositivo de sellado no funciona satisfactoriamente, el material extraño o las fugas causarán daños en los rodamientos como resultado de un mal funcionamiento o de un agarrotamiento.

Por lo tanto, es necesario diseñar o elegir los dispositivos de sellado más adecuados, así como elegir las medidas de lubricación adecuadas según las condiciones de funcionamiento.

Los dispositivos de sellado se pueden dividir en tipos sin contacto y con contacto según su estructura.

Deben satisfacer las siguientes condiciones:

- * Libre de fricción excesiva (generación de calor)
- * De fácil mantenimiento (Especialmente facilidad de montaje y desmontaje)
- * A tan bajo costo como sea posible

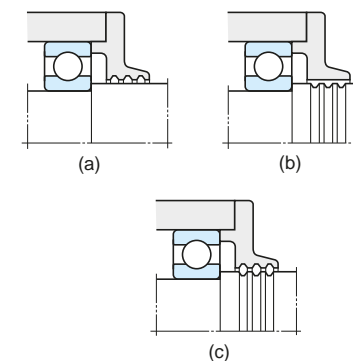
14-4-1 Dispositivos de sellado sin contacto

Un dispositivo de obturación de tipo sin contacto, que incluye ranura de aceite, anillo deflector (slinger) y laberinto, elimina la fricción porque no tiene un punto de contacto con el eje.

Estos dispositivos utilizan holgura estrecha y fuerza centrífuga y son especialmente adecuados para el funcionamiento a alta velocidad de rotación y alta temperatura.

Tabla 14-6 (1) Dispositivos de tipo sellado sin contacto

(1) Ranura de aceite



■ Este tipo de sello que tiene más de tres ranuras en el estrecho espacio entre el eje y la cubierta del alojamiento, suele ir acompañado de otros dispositivos de sellado, excepto cuando se utiliza con lubricación con grasa a baja velocidad de rotación.

■ La prevención de la entrada de contaminantes se puede mejorar llenando la ranura con grasa de calcio (grasa de copa) con una consistencia de 150 a 200.

■ El juego entre el eje y la cubierta de la caja debe ser lo más estrecho posible.

Los espacios libres recomendados son los siguientes.

Diámetro del eje inferior a 50 mm

..... 0.25 – 0.4 mm

Diámetro del eje de más de 50 mm

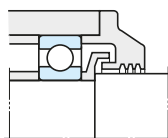
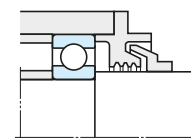
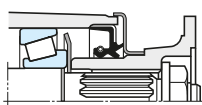
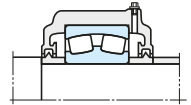
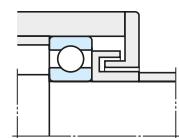
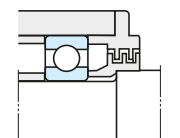
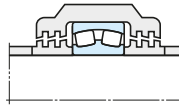
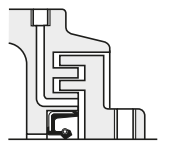
..... 0.5 – 1 mm

■ Las dimensiones recomendadas para la ranura de aceite son las siguientes.

Anchura 2 – 5 mm

Profundidad 4 – 5 mm

Tabla 14-6 (2) Dispositivos del tipo sello sin contacto

(2) Deflector (anillo deflector)	(3) Laberinto									
<div></div> <div>(d) Deflector fijado adentro</div> <div></div> <div>(e) Deflector fijado afuera</div> <div></div> <div>(f) Deflector tipo de cubierta</div> <div></div> <div>(g) Lanzador de aceite</div>	<div></div> <div>(h) Laberinto axial</div> <div></div> <div>(i) Laberinto radial</div> <div></div> <div>(j) Laberinto alineado</div> <div></div> <div>(k) Laberinto axial con función de engrase</div>									
<ul style="list-style-type: none">■ Un deflector utiliza la fuerza centrífuga para salpicar el aceite y la suciedad. Produce una corriente de aire que evita fugas de aceite y suciedad por una acción de bombeo. En muchos casos, este dispositivo se utiliza junto con otros dispositivos de sellado.■ Un deflector instalado dentro del alojamiento (fig. d) proporciona una acción de bombeo hacia adentro, evitando fugas de lubricante; y, cuando se instala en el exterior (fig. e), la acción de bombeo hacia afuera evita la contaminación del lubricante.■ Un deflector tipo tapa (fig. f) salpica hacia afuera la suciedad y el polvo por la fuerza centrífuga.■ El lanzador de aceite, que se muestra en (fig. g), es una especie de deflector. Un reborde anular en el eje o un aro montado en el eje utiliza la fuerza centrífuga para evitar que el lubricante fluya hacia afuera.	<ul style="list-style-type: none">■ Un laberinto proporciona holgura en las formas de los acoplamientos entre el eje y el alojamiento. Es el más adecuado para la prevención de fugas de lubricante a altas velocidades de rotación.■ Aunque un laberinto axial, mostrado en la (Fig. h), es popular debido a su facilidad de montaje, el efecto de sellado es mejor en un laberinto radial, mostrado en la (Fig. i).■ Se utiliza un laberinto de alineación (fig. j) con rodamientos de tipo autoalineable.■ En los casos de (Fig. i) y (Fig. j), el alojamiento o la cubierta del alojamiento deben estar divididas.■ En la siguiente tabla se indican las holguras del laberinto recomendadas. <table><tr><th>Diámetro del eje</th><th>Holgura radial</th><th>Holgura axial</th></tr><tr><td>50mm o menos</td><td>0.25 – 0.4mm</td><td>1 – 2mm</td></tr><tr><td>Más de 50 mm</td><td>0.5 – 1 mm</td><td>3 – 5mm</td></tr></table> <ul style="list-style-type: none">■ Para mejorar el efecto de sellado, rellene la holgura del laberinto con grasa, como se muestra en (Fig. k).	Diámetro del eje	Holgura radial	Holgura axial	50mm o menos	0.25 – 0.4mm	1 – 2mm	Más de 50 mm	0.5 – 1 mm	3 – 5mm
Diámetro del eje	Holgura radial	Holgura axial								
50mm o menos	0.25 – 0.4mm	1 – 2mm								
Más de 50 mm	0.5 – 1 mm	3 – 5mm								

14-4-2 Dispositivos de obturación del tipo de contacto

Este tipo proporciona un efecto de sellado por medio del contacto de su extremo con el eje y se fabrican de caucho sintético, resina sintética o fieltro.

El sello de aceite de goma sintética es más popular.

1) Sellos de aceite

Muchos tipos y tamaños de sellos de aceite, como partes terminadas, han sido estandarizados. JTEKT produce varios sellos de aceite.

Los nombres y funciones de las partes del sello de aceite se muestran en la fig. 14-8 y en la Tabla 14-7. La tabla 14-8 proporciona un ejemplo representativo.

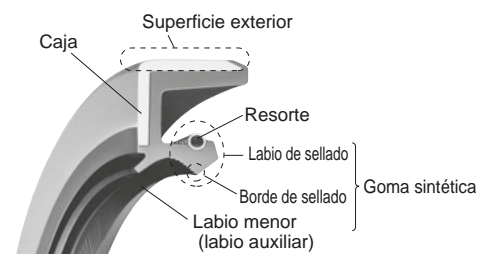









Fig. 14-8 Nombres de las partes del sello de aceite

Tabla 14-7 Lista completa del funcionamiento de las partes del sello de aceite

Nombres	Funciones
Borde de sellado	Evita la fuga del fluido haciendo contacto con el eje giratorio. (La superficie de contacto del borde de sellado con el eje debe estar siempre llena de lubricante, para mantener una película de aceite en su interior.)
Labio de sellado y resorte	Proporciona una presión adecuada en el borde de sellado para mantener un contacto estable. El resorte proporciona la presión apropiada en el labio y mantiene tal presión por un tiempo largo.
Superficie exterior	Fija el sello de aceite al alojamiento y evita la fuga del fluido a través de la superficie de montaje. (Viene suministrado en el tipo cubierta de metal o el tipo cubierta de caucho.)
Cubierta	Refuerza el sello
Labio menor (labio auxiliar)	Evita la entrada de contaminantes. (En muchos casos, el espacio entre el labio de sellado y el labio menor se llena de grasa.)

Tabla 14-8 Tipos de sellos de aceite típicos

Con cubierta		Con soporte interno	Sin cubierta
Sin resorte	Con resorte	Con resorte	Con resorte
 HM (JIS GM) MH (JIS G)	 HMS (JIS SM) MHS (JIS S) CRS	 HMSH (JIS SA)	 MS
 HMA MHA	 HMSA (JIS DM) MHSA (JIS D) CRSA	 HMSAH (JIS DA)	—

* Los sellos de aceite mostrados en la fila inferior contienen el labio menor (labio auxiliar).

* Se pueden proporcionar tipos especiales de sellos tales como el sello de resistencia al lodo, el sello de resistencia a la presión y el sello exterior para los alojamientos rotatorios para servir en diversas condiciones de funcionamiento.

* Proporcionando una ranura en los sellos de aceite, es posible unirlos desde otros puntos de los extremos del eje.

Los sellos de aceite sin labios menores se montan en diferentes direcciones según sus condiciones de funcionamiento (mostradas en la figura 14-9).

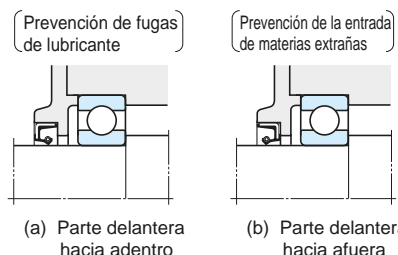


Fig. 14-9 Dirección de labios selladores y su finalidad

Cuando el sello se utiliza en un ambiente de trabajo sucio, o se espera una penetración de agua, se recomienda tener dos sellos de aceite combinados o que el espacio entre los dos labios de sellado se llene de grasa.

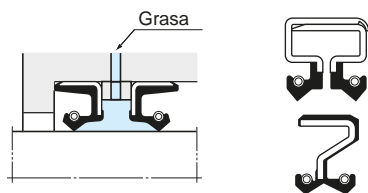


Fig. 14-10 Sellos utilizados en un entorno operativo sucio

Los respectivos materiales de sellado poseen propiedades diferentes. Por consiguiente, como se muestra en la tabla 14-9, la velocidad admisible del labio y la temperatura de funcionamiento difieren dependiendo de los materiales. Por lo tanto, seleccionando los materiales apropiados, los sellos de aceite se pueden utilizar para sellar no sólo los lubricantes sino también los productos químicos incluyendo alcohol, ácidos, álcali, etc.

Tabla 14-9 Velocidad de labio permitida y rango de temperatura de operación de sellos de aceite

Material del sello	Velocidad permitida del labio (m/s)	Temperatura de funcionamiento (°C)
NBR (Nitrilo)	15	-40 to +120
Goma acrílica	25	-30 to +150
Goma de silicona	32	-50 to +170
Fluoroelastómero	32	-20 to +180

Para garantizar el máximo efecto de sellado del sello de aceite, los materiales del eje, la rugosidad de la superficie y la dureza deben elegirse cuidadosamente.

La tabla 14-10 muestra las condiciones de eje recomendadas.

Tabla 14-10 Condiciones recomendadas del eje

Material	Acero de estructura de máquinas, acero de baja aleación y acero inoxidable
Dureza de la superficie	Para baja velocidad: más duro que 30 HRC Para alta velocidad: más duro que 50 HRC
Rugosidad de la superficie (Ra)	0.2 – 0.6a Una superficie excesivamente rugosa puede causar fugas de aceite o abrasión; mientras que una superficie excesivamente fina puede provocar un agarrotamiento del labio sellante, evitando que se forme la película de aceite. La superficie también debe estar libre de marcas espirales del maquinado.

2) Sellos de fieltro y otros

Aunque los sellos de fieltro se han utilizado convencionalmente, se recomienda reemplazarlos con sellos de aceite de goma porque el uso de sellos de fieltro se limita a las siguientes condiciones.

- * Protección contra el polvo ligero
- * Velocidad permitida del labio: no más de 5 m/s

Los dispositivos de sellado de tipo de contacto incluyen juntas mecánicas, juntas tóricas y empaques distintos de los descritos aquí.

JTEKT fabrica diversos sellos de aceite que van desde los ilustrados en la tabla 14-8 a sellos especiales para automóviles, sellos grandes para laminadores, sellos de resistencia de arcilla, sellos de resistencia a la presión, sellos exteriores para carcasas giratorias y juntas tóricas.
Para obtener más información, consulte el catálogo separado de JTEKT "Sellos de aceite y juntas tóricas".
(N° CAT R2001E).

15. Manipulación de los rodamientos

15-1 Instrucciones generales

Dado que los rodamientos están fabricados con mayor precisión que otras piezas de la máquina, es absolutamente necesario manipularlos con cuidado.

- 1) Mantenga limpios los rodamientos y el entorno de funcionamiento.
- 2) Manipule con cuidado.
- Los rodamientos se pueden agrietar fácilmente por el impacto fuerte si no se le da un manejo adecuado.
- 3) Manipule con las herramientas adecuadas.
- 4) Mantenga los rodamientos bien protegidos del óxido.
- No manipule los rodamientos con mucha humedad.

Los operadores deben usar guantes para no ensuciar los rodamientos con la transpiración de sus manos.

- 5) Los rodamientos deben ser manejados por operadores experimentados o bien capacitados.
- 6) Establecer las normas de operación de rodamientos y seguirlas.

- Almacenamiento de los rodamientos.
- Limpieza de rodamientos y sus partes adyacentes.
- Inspección de las dimensiones de las piezas adyacentes y las condiciones de acabado
- Montaje
- Inspección después del montaje
- Desmontaje
- Mantenimiento e inspección (Inspección periódica)
- Reposición de lubricantes

15-2 Almacenamiento de los rodamientos

En el transporte de los rodamientos, ya que están cubiertos con aceite anti-corrosivo adecuado y están envueltos en papel parafinado, la calidad de los rodamientos está garantizada siempre y cuando el papel de embalaje no esté dañado.

Si los rodamientos deben almacenarse durante mucho tiempo, es aconsejable que se almacenen en estantes colocados a más de 30 cm del suelo, a una humedad inferior al 65% y a una temperatura cercana a los 20°C.

Evite el almacenamiento en lugares expuestos directamente a los rayos solares o colocando las cajas de los rodamientos contra paredes frías.

15-3 Montaje del rodamiento

15-3-1 Preparación recomendada antes del montaje

1) Preparación de los rodamientos

Espere hasta justo antes de montar para retirar los rodamientos de su embalaje para evitar la contaminación y la oxidación.

Dado que el recubrimiento de aceite anticorrosivo del rodamiento es un lubricante altamente capaz, el aceite no debe limpiarse si los rodamientos están prelubricados, o cuando los rodamientos se usan para una operación normal. Sin embargo, si los rodamientos se usan en instrumentos de medición o a alta velocidad de rotación, el aceite anticorrosión debe eliminarse usando un aceite detergente limpio. Después de la eliminación del aceite anticorrosivo, los rodamientos no deben dejarse expuestos durante mucho tiempo porque se oxidan fácilmente.

2) Inspección de los ejes y de los alojamientos

Limpie el eje y el alojamiento para comprobar si tienen defectos o rebabas como resultado del mecanizado. Tenga mucho cuidado de quitar completamente los agentes de lepeado (SiC, Al₂O₃, etc.), arena de fundición y virutas del interior del alojamiento. A continuación, verifique que las dimensiones, formas y condiciones de acabado del eje y del alojamiento sean exactas a las especificadas en el dibujo.

El diámetro del eje y el diámetro del agujero del alojamiento deben medirse en diversos puntos como se muestra en las Figs. 15-1 y 15-2.

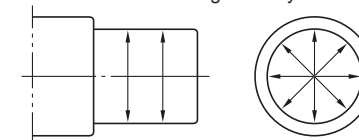


Fig. 15-1 Puntos de medición en el diámetro del eje

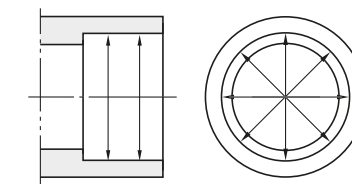


Fig. 15-2 Puntos de medición en el diámetro del alojamiento

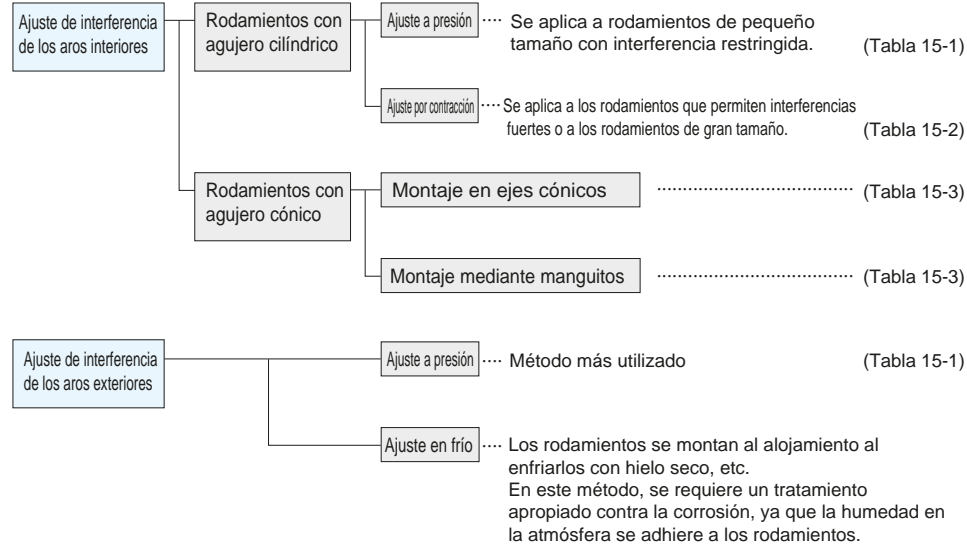
Además, se debe comprobar el radio del borde del eje y el alojamiento, y la perpendicularidad de los hombros.

Cuando se utiliza el eje y el alojamiento que han pasado la inspección, es aconsejable aplicar aceite de máquinas a cada superficie de montaje justo antes de montar.

15-3-2 Montaje del rodamiento

Los procedimientos de montaje dependen del tipo y las condiciones de montaje de los rodamientos.

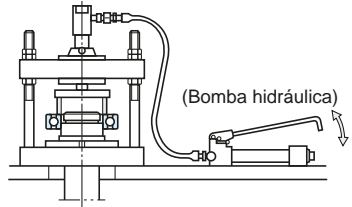
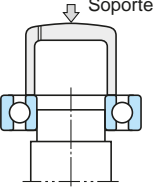
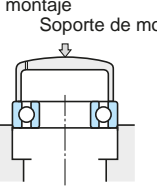
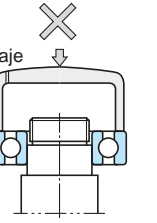
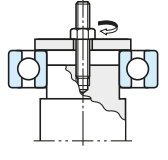
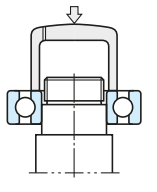
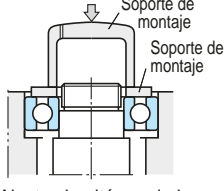
Para los rodamientos en general en los que gira el eje, se aplica un ajuste de interferencia a los aros interiores, mientras que se aplica un ajuste de holgura a los aros exteriores.



Para los rodamientos en los que giran los aros exteriores, se aplica un ajuste de interferencia a los aros exteriores.

Los ajustes de interferencia se clasifican aproximadamente como se muestra aquí. Los procedimientos de montaje detallados se describen en las tablas 15-1 a 15-3.

Tabla 15-1 Ajuste a presión de los rodamientos con agujero cilíndricos

Métodos de montaje	Descripciones
 <p>(a) Uso de ajuste a presión (El método más utilizado)</p>	<p>■ Como se muestra en la fig., Un rodamiento debe montarse lentamente con cuidado, usando un accesorio para aplicar fuerza uniformemente al rodamiento. Al montar el aro interior, aplique presión únicamente al aro interior. De forma similar, al montar el aro exterior, presione solamente el aro exterior.</p> <div>    </div> <p>((Ajuste a presión del aro interior) (Ajuste a presión del aro exterior) (Ajuste a presión del aro exterior))</p>
 <p>(b) Uso de pernos y tuercas</p> <p>(El orificio del tornillo debe estar previsto en el extremo del eje)</p>	<p>■ Si se requiere interferencia tanto en el aro interior como en el exterior de los rodamientos no separables, utilice dos tipos de dispositivos como se muestra en la fig. y aplicar fuerza con cuidado, ya que los elementos rodantes se dañan fácilmente. Asegúrese de no usar nunca un martillo en tales casos.</p>
 <p>(c) Uso de martillos</p> <p>(Sólo cuando no existe una medida alternativa)</p>	 <p>Ajuste simultáneo de la presión del aro interior y del aro exterior</p>

Referencia La fuerza es necesaria para encajar o quitar los rodamientos.

La fuerza necesaria para encajar o retirar los aros interiores de los rodamientos difiere dependiendo del acabado de los ejes y de la cantidad de interferencia que permiten los rodamientos.

Los valores estándar se pueden obtener usando las siguientes ecuaciones.

(Ejes sólidos) $K_a = 9.8 f_k \cdot \Delta_{\text{deff}} \cdot B \left(1 - \frac{d^2}{D_i^2} \right) \times 10^3$ (15-1)

(Ejes huecos) $K_a = 9.8 f_k \cdot \Delta_{\text{deff}} \cdot B \frac{\left(1 - \frac{d^2}{D_i^2} \right) \left(1 - \frac{d_0^2}{d^2} \right)}{\left(1 - \frac{d_0^2}{D_i^2} \right)} \times 10^3$ (15-2)

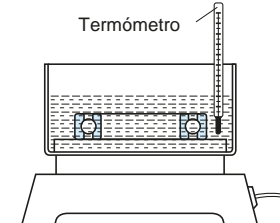

En las ecuaciones (15-1) y (15-2),

K_a : fuerza necesaria para el ajuste a presión o la extracción en la prensa N
 Δ_{deff} : interferencia efectiva mm
 f_k : coeficiente de resistencia
 (Coeficiente tomando en consideración la fricción entre el aro interior y el eje referirse a la tabla a la derecha)
 B : ancho nominal del aro interior mm
 d : diámetro nominal del agujero del aro interior mm
 D_i : diámetro exterior medio del aro interior mm
 d_0 : diámetro del agujero del eje hueco mm

Valor del coeficiente de resistencia f_k

Condiciones	f_k
· Ajuste a presión de los rodamientos en ejes cilíndricos	4
· Extracción de los rodamientos de ejes cilíndricos	6
· Ajuste a presión de los rodamientos sobre ejes cónicos o manguitos cónicos	5.5
· Extracción de los rodamientos de ejes cónicos o de manguitos cónicos	4.5
· Ajuste a presión de los manguitos cónicos entre ejes y rodamientos	10
· Extracción de manguitos cónicos del espacio entre ejes y rodamientos	11

Tabla 15-2 Ajuste por contracción de los rodamientos de agujero cilíndrico

Ajuste por contracción	Descripciones
 <p>(a) Calentamiento en baño de aceite</p>  <p>(b) Calentador de inducción</p>	<p>■ Este método, que expande los rodamientos al calentarlos en aceite, tiene la ventaja de no aplicar demasiada fuerza a los rodamientos y tomar sólo un tiempo corto.</p> <p>[Notas]</p> <ul style="list-style-type: none"> * La temperatura del aceite no debe ser mayor de 100°C, ya que los rodamientos calentados a una temperatura superior a 120°C pierden dureza. * La temperatura de calentamiento se puede determinar a partir del diámetro del agujero de un rodamiento y la interferencia haciendo referencia a la fig. 15-3. * Utilice mayas o un dispositivo de elevación para evitar que el rodamiento se apoye directamente en el fondo del contenedor de aceite. * Debido a que los rodamientos se contraen tanto en dirección radial como en dirección axial durante el enfriamiento, se debe fijar firmemente el aro interior y el hombro del eje con la tuerca del eje antes de contraerse, de modo que no quede espacio entre ellos. <p>■ El ajuste por contracción resulta ser limpio y eficaz ya que, por este método, el anillo puede proporcionarse con calor uniforme en un corto tiempo sin utilizar ni fuego ni aceite.</p> <p>[Cuando se conduce la electricidad, el propio rodamiento genera calor por su resistencia eléctrica, ayudado por la bobina de excitación incorporada.]</p>

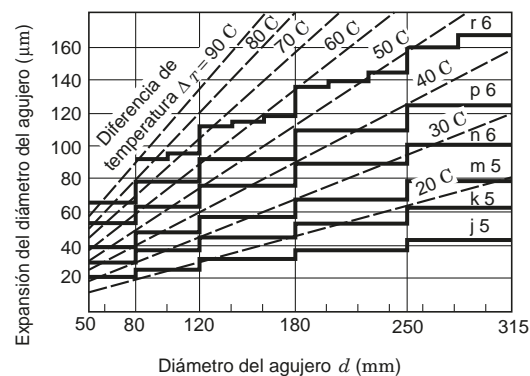


Fig. 15-3 Temperatura de calentamiento y expansión de los aros interiores

[Observaciones]

1. Las líneas continuas gruesas muestran el valor máximo de interferencia entre los rodamientos (clase 0) y los ejes (r6, p6, n6, m5, k5, j5) a temperatura normal.

2. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento debe seleccionarse para obtener una mayor "expansión del diámetro del agujero" que los valores máximos de interferencia.

[Cuando se montan los rodamientos de clase 0 con un diámetro del agujero del eje de 90 mm a 5 m, esta figura muestra que la temperatura de calentamiento debe ser 40°C más alta que la temperatura ambiente para producir una expansión mayor que el valor máximo de interferencia de 48 μm. Sin embargo, teniendo en cuenta el enfriamiento durante el montaje, la temperatura debe ser de 20 a 30°C más alta que la temperatura inicialmente requerida.]

Tabla 15-3 Montaje de los rodamientos con agujeros cónicos

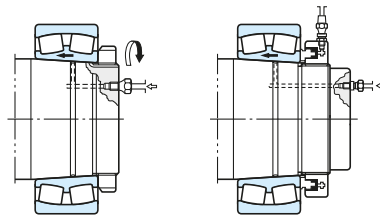
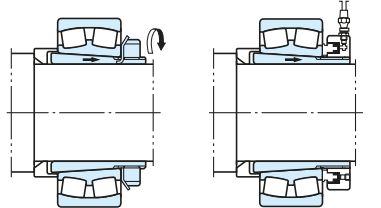
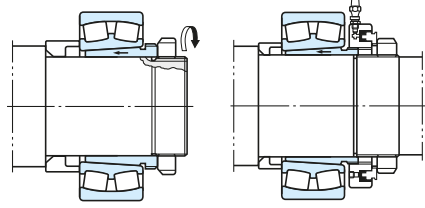
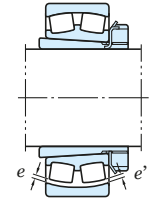
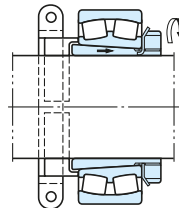
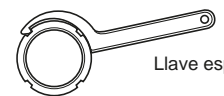
Métodos de montaje	Descripciones
 <p>① Tuerca de bloqueo ② Tuerca hidráulica</p> <p>(a) Montaje en ejes cónicos</p>  <p>① Tuerca de bloqueo ② Tuerca hidráulica</p> <p>(b) Montaje usando un manguito de montaje</p>  <p>① Tuerca de bloqueo ② Tuerca hidráulica</p> <p>(c) Montaje usando un manguito de desmontaje</p>  <p>(d) Medición de juegos</p>	<p>■ Al montar los rodamientos directamente sobre ejes cónicos, proveer orificios y ranuras de aceite en el eje e inyectar aceite de alta presión en el espacio entre las superficies de ajuste (inyección de aceite). Dicha inyección de aceite puede reducir el par de apriete de la contratuerca reduciendo la fricción entre las superficies de ajuste.</p> <p>■ Cuando se requiere el posicionamiento exacto en el montaje de un rodamiento en un eje sin hombro, utilice una abrazadera para ayudar a determinar la posición del rodamiento.</p>  <p>Colocación del rodamiento mediante el uso de una abrazadera</p> <p>■ Cuando se montan los rodamientos en ejes, generalmente se usan contratueras. Se utilizan llaves especiales para apretarlos. Los rodamientos también se pueden montar con tuercas hidráulicas.</p>  <p>Llave especial</p> <p>■ Cuando se monten rodamientos de rodillos esféricos de agujero cónico, debe tenerse en cuenta la reducción del juego interno radial que se produce gradualmente durante la operación así como la profundidad de empuje descrita en la Tabla 15-4.</p> <p>La reducción de la holgura se puede medir con un calibre de espesor. Primero, estabilice el rodillo en la posición apropiada y después insérte la galga en el espacio entre los rodillos y el aro exterior. Tenga cuidado de que el espacio libre entre las dos hileras de rodillos y las hileras exteriores sea aproximadamente el mismo ($e=e'$). Dado que el juego puede diferir en diferentes puntos de medición, tome mediciones en varias posiciones.</p> <p>■ Al montar rodamientos de bolas autoalineables, deje suficiente holgura para permitir una fácil alineación del anillo exterior.</p>

Tabla 15-4 Montaje de los rodamientos de rodillos esféricos de agujero cónico

Diámetro nominal del agujero d mm		Reducción del juego radial interno μm		Desplazamiento axial, mm				Juego residual mínimo requerido, μm		
				conicidad 1/12		conicidad 1/30		C N juego	C 3 juego	C 4 juego
mas de	hasta	min.	max.	min.	max.	min.	max.			
24	30	15	20	0.27	0.35	—	—	10	20	35
30	40	20	25	0.32	0.4	—	—	15	25	40
40	50	25	35	0.4	0.5	—	—	20	30	45
50	65	30	40	0.45	0.6	—	—	25	35	55
65	80	35	50	0.55	0.75	—	—	35	40	70
80	100	40	55	0.65	0.85	—	—	40	50	85
100	120	55	70	0.85	1.05	2.15	2.65	45	65	100
120	140	65	90	1.0	1.2	2.5	3.0	55	80	110
140	160	75	100	1.1	1.35	2.75	3.4	55	90	130
160	180	80	110	1.2	1.5	3.0	3.8	60	100	150
180	200	90	120	1.4	1.7	3.5	4.3	70	110	170
200	225	100	130	1.55	1.85	3.85	4.6	80	120	190
225	250	110	140	1.7	2.05	4.25	5.1	90	130	210
250	280	120	160	1.8	2.3	4.5	5.75	100	140	230
280	315	130	180	2.0	2.5	5.0	6.25	110	150	250
315	355	150	200	2.3	2.8	5.75	7.0	120	170	270
355	400	170	220	2.5	3.1	6.25	7.75	130	190	300
400	450	190	240	2.8	3.4	7.0	8.5	140	210	330
450	500	210	270	3.1	3.8	7.75	9.5	160	230	360
500	560	240	310	3.5	4.3	8.75	10.8	170	260	370
560	630	260	350	3.9	4.8	9.75	12.0	200	300	410
630	710	300	390	4.3	5.3	10.8	13.3	210	320	460
710	800	340	430	4.8	6.0	12.0	15.0	230	370	530
800	900	370	500	5.3	6.7	13.3	16.8	270	410	570
900	1000	410	550	5.9	7.4	14.8	18.5	300	450	640

[Observación] Los valores para la reducción del juego interno radial mencionados anteriormente son valores obtenidos al montar rodamientos con juegos CN en ejes sólidos. En el montaje de los rodamientos con juego C 3, el valor máximo indicado anteriormente debe tomarse como estándar.

15-4 Prueba de funcionamiento

Se lleva a cabo una operación de prueba para asegurar que los rodamientos están montados apropiadamente.

En el caso de máquinas compactas, la rotación puede comprobarse en primer lugar mediante una operación manual.

Si no se observan anomalías, tales como las descritas a continuación, entonces la operación de ensayo adicional procede, use la fuente de energía.

* Golpes

Debido a defectos o a la inserción de materia extraña sobre las superficies de contacto de rodadura.

* Par excesivo (pesado)

Debido a la fricción en los dispositivos de sellado, espacios demasiado pequeños y errores de montaje.

* Par de giro irregular

Debido a errores de montaje y montajes incorrectos.

Para máquinas demasiado grandes para permitir la operación manual, el funcionamiento en vacío se realiza apagando la fuente de alimentación inmediatamente después de encenderlo. Antes de iniciar la operación bajo carga, debe confirmarse que los rodamientos giren suavemente sin vibraciones y ruidos anormales. El funcionamiento debe iniciarse bajo carga y en baja velocidad, entonces la velocidad se incrementa gradualmente hasta que se alcance la velocidad diseñada.

Durante la operación con carga, compruebe el ruido, el aumento de la temperatura y las vibraciones.

Si se encuentra alguna de las anomalías enumeradas en las tablas 15-5 y 15-6,

se debe detener la operación e inspeccionar inmediatamente los defectos.

Los rodamientos deben ser desmontados si es necesario.

Tabla 15-5 Ruidos de rodamientos, causas y contramedidas

Tipos de ruidos		Causas	Contramedidas
Cíclico	Ruido de la falla (Similar al ruido al Ruido de oxidación (perforar un remache) Ruido de Brinelación (Ruido como si fuera una sirena)	Falla en la pista de rodadura Óxido en la pista de rodadura Brinelación en la pista de rodadura	Mejorar el procedimiento de montaje, método de limpieza y método de prevención de herrumbre. Reemplazar el rodamiento.
	Ruido de escamas (Ruido de percusión o martilleo)	Descascarillado en el camino de rodadura	Reemplace el rodamiento.
No cíclico	Ruido de suciedad (un ruido de arena irregular).	Inserción de materia extraña	Mejore el método de limpieza, dispositivo de sellado. Use lubricante limpio. Reemplace el rodamiento.
	Ruido de ajuste (Ruido de percusión o martilleo)	Mejore el ajuste o el juego del rodamiento excesivo	Revise las condiciones de ajuste y juego. Proporcione precarga. Mejore la precisión de montaje.
	Ruido de suciedad (un ruido de arena irregular).	Fallas, óxido y descamación en los elementos rodantes	Reemplace el rodamiento
	Ruido de chirrido (A menudo escuchado en rodamientos de rodillos cilíndricos con lubricación con grasa, especialmente en invierno o a bajas temperaturas)	Si el ruido es causado por una lubricación incorrecta, se debe seleccionar un lubricante apropiado. En general, sin embargo, no se causará daño grave por un lubricante inadecuado si es usado continuamente.	
Otros	Sonido metálico anormalmente grande	Carga anormal Montaje incorrecto Insuficiente cantidad de o lubricante inapropiado	Revisar el ajuste, el juego Ajustar la precarga. Mejore la ejecución en el procesamiento y montaje de ejes y alojamientos. Mejorar el dispositivo de sellado. Relubrique el lubricante. Seleccione el lubricante apropiado.

Tabla 15-6 Causas y contramedidas por aumento anormal de la temperatura

Causas	Contramedidas
Demasiado lubricante	Reduzca la cantidad de lubricante. Use grasa de una consistencia mas baja.
Lubricante insuficiente	Relubrique.
Lubricante inapropiado	Seleccione el lubricante apropiado.
Carga anormal	Revise las condiciones de ajuste y juego y ajuste la precarga.
Montaje inapropiado (fricción excesiva)	Mejore la ejecución en el procesamiento y el montaje del eje y del alojamiento. Revisar el ajuste. Mejorar el dispositivo de sellado.

Normalmente, las varillas de escucha se emplean para inspecciones de ruido de los rodamientos. El instrumento que detecta anomalías a través de la vibración del sonido y el Sistema de Diagnóstico que utiliza la emisión acústica para la detección de anomalías son también aplicables. En general, la temperatura del rodamiento se puede estimar a partir de la temperatura del alojamiento, pero el método más preciso es medir la temperatura de los aros externos directamente a través del agujeros de lubricación. Normalmente, la temperatura del rodamiento comienza a subir gradualmente cuando la operación está comenzando; y, a menos que el rodamiento tenga alguna anomalía, la temperatura se estabiliza dentro de una o dos horas. Por lo tanto, un aumento rápido de temperatura o una temperatura inusualmente alta indica alguna anomalía.

15-5 Desmontaje del rodamiento

Después de desmontar los rodamientos, debe considerarse la manipulación de los rodamientos y los diversos métodos disponibles para ello.

Si se quiere eliminar el rodamiento, se puede emplear cualquier método simple como el corte con soplete. Si el rodamiento debe ser reutilizado o verificado para las causas de su falla, se debe tomar el mismo cuidado que en el montaje al desmontar para no dañar el rodamiento y otras piezas.

Debido a que los rodamientos con ajustes de interferencia se dañan fácilmente durante el desmontaje, se deben incorporar medidas en el diseño para evitar daños durante el desmontaje.

Se recomienda diseñar y fabricar dispositivos de desmontaje, si es necesario.

Es útil para descubrir las causas de las fallas cuando las condiciones de los rodamientos, incluyendo la instrucción de montaje y la ubicación, se registran antes del desmontaje.

Método de desmonte

Las tablas 15-7 a 15-9 describen los métodos de desmontaje para rodamientos de ajuste con interferencia destinados a ser reutilizados o para análisis de fallas.

La fuerza necesaria para retirar los rodamientos se puede calcular utilizando las ecuaciones dadas en la página A 140.

Tabla 15-7 Desmontaje de rodamientos con agujero cilíndricos

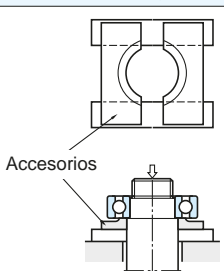
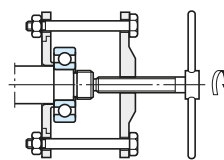
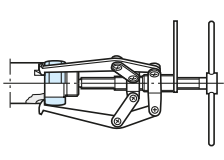
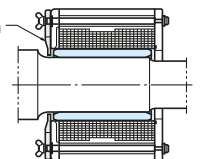
Métodos de desmontaje del aro interior	Descripciones
 <p>Accesorios</p> <p>(a) Desmontaje utilizando una prensa</p>  <p>(b) Desmontaje usando una herramienta especial</p>  <p>(c) Desmontaje usando una herramienta especial</p>  <p>Soportes de remoción</p> <p>(d) Desmontaje usando un calentador de inducción</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Los rodamientos no separables deben ser tratados cuidadosamente durante el desmontaje para minimizar la fuerza externa, lo que afecta a sus elementos rodantes. * La manera más fácil de retirar los rodamientos es utilizando una prensa como se muestra en la fig. (a). Se recomienda que el dispositivo se prepare de manera que el aro interior pueda recibir la fuerza de extracción. * Las figs. (b) y (c) muestran un método de desmontaje en el que se emplean herramientas especiales. En ambos casos, las mordazas de la herramienta deben sujetar firmemente el lado del aro interior. * La fig. (d) muestra un ejemplo de extracción mediante el uso de un calentador de inducción: este método puede adaptarse tanto al montaje como al desmontaje de los aros interiores de los rodamientos de rodillos cilíndricos de tipo NU y NJ. El calentador se puede utilizar para calentar y expandir los aros internos en poco tiempo.

Tabla 15-8 Desmontaje de rodamientos de agujero cónico

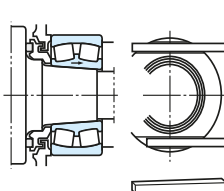
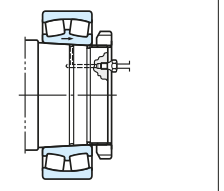
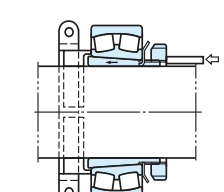
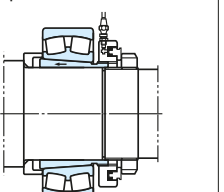
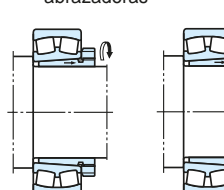
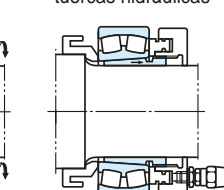
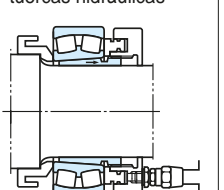
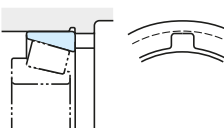
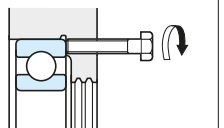
Métodos de desmontaje del aro interior	Descripción
 <p>(a) Desmontaje utilizando una cuña</p>  <p>(b) Desmontaje utilizando presión del aceite</p>  <p>(c) Desmontaje utilizando abrazaderas</p>  <p>(d) Desmontaje utilizando tuercas hidráulicas</p>  <p>(e) Desmontaje utilizando tuercas de seguridad</p>  <p>(f) Desmontaje utilizando pernos</p>  <p>(g) Desmontaje utilizando tuercas hidráulicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> * La fig. (a) muestra el desmontaje de un aro interior por medio de cuñas de accionamiento en muescas en la parte posterior del laberinto. La fig. (b) muestra el desmontaje por medio de la inyección de aceite a alta presión en las superficies de montaje. En ambos casos, se recomienda que se provea un freno (por ejemplo, tuercas de eje) para evitar que los rodamientos caigan de repente. * Para los rodamientos con manguito adaptador, son adecuados los dos métodos siguientes. Como se muestra en la fig. (c), fije los rodamientos con abrazaderas, afloje las contratuerzas y, a continuación, golpee el manguito del adaptador. Este método se utiliza principalmente para rodamientos de tamaño pequeño. La fig. (d) muestra el método que utiliza tuercas hidráulicas. * Los rodamientos de tamaño pequeño con manguitos de desmontaje se pueden retirar apretando las contratuerzas como se muestra en la fig. (e). Para los rodamientos de gran tamaño, proporcione varios agujeros roscados en las contratuerzas como se muestra en la fig. (f) y apriete los pernos. Los rodamientos se pueden quitar tan fácilmente como los rodamientos de tamaño pequeño. * La fig. (g) muestra el método que utiliza tuercas hidráulicas.

Tabla 15-9 Desmontaje de los aros exteriores

Métodos de desmontaje del aro exterior	Descripción
 <p>(a) Muecas para desmontar</p>  <p>(b) Agujeros de perno y pernos para desmontar</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Para desmontar los aros exteriores con ajustes de interferencia, se recomienda que se provean muescas o agujeros para pernos en el hombro del alojamiento.

15-6 Mantenimiento e inspección de los rodamientos

El mantenimiento y la inspección periódicos y minuciosos son indispensables para obtener un rendimiento completo de los rodamientos y alargar su vida útil. Además, la prevención de accidentes y tiempos de paro mediante la detección temprana de fallas a través de mantenimiento e inspección contribuye en gran medida a mejorar la productividad y la rentabilidad.

15-6-1 Limpieza

Antes de desmontar un rodamiento para inspección, registre el estado físico del rodamiento, incluyendo la toma de fotografías.

La limpieza debe hacerse después de comprobar la cantidad de lubricante restante y recoger el lubricante como muestra para el examen.

- * Un rodamiento sucio debe limpiarse usando dos procesos de limpieza, tales como limpieza somera y limpieza final.
Se recomienda colocar una red en el fondo de los contenedores de limpieza.
- * En la limpieza basta, utilice los cepillos para quitar la grasa y la suciedad. Los rodamientos deben ser manipulados cuidadosamente. Tenga en cuenta que las superficies de las pistas de rodadura pueden dañarse por materias extrañas, si los rodamientos se giran en aceite de limpieza.
- * Durante la limpieza final, limpie los rodamientos con cuidado, girándolos lentamente en aceite de limpieza.

En general, para limpiar los rodamientos se emplea aceite liviano neutro o queroseno, si es necesario también se puede usar una solución alcalina caliente. En cualquier caso, es esencial mantener limpio el aceite filtrándolo antes de la limpieza.

Aplique aceite antioxidante o grasa antioxidante en los rodamientos inmediatamente después de la limpieza.

15-6-2 Inspección y análisis

Antes de determinar que los rodamientos desmontados serán reutilizados, se debe examinar cuidadosamente la exactitud de sus dimensiones y su funcionamiento, juego interno, superficies de montaje, caminos de rodadura, superficies de contacto rodante, jaulas y sellos, para confirmar que no existe ninguna anomalía.

Es deseable que las personas especializadas que tengan un conocimiento suficiente de los rodamientos tomen decisiones sobre la reutilización de los rodamientos.

Los criterios de reutilización difieren según el rendimiento y la importancia de las máquinas y la frecuencia de inspección.

Si se encuentran los siguientes defectos, sustituya el rodamiento por uno nuevo.

- * Grietas y esquirlas en los componentes del rodamiento.
- * Escamación en las superficies de la pista y las superficies de contacto de rodadura.
- * Otros fallos de gravedad descritos en la siguiente sección "16. Ejemplos de fallas en los rodamientos".

15-7 Métodos de análisis de fallas en los rodamientos

Es importante para mejorar la productividad y la rentabilidad, así como para la prevención de accidentes que las anomalías en los rodamientos se detecten durante la operación.

Los métodos de detección representativos se describen en la siguiente sección.

1) Comprobación del ruido

Dado que la detección de anomalías en los ruidos de los rodamientos requiere una amplia experiencia, debe darse una formación suficiente a los inspectores. Dado esto, se recomienda que personas específicas sean asignadas a este trabajo para obtener esta experiencia.

La colocación de audífonos o barras de escucha en los alojamientos es efectiva para detectar el ruido de los rodamientos.

2) Comprobación de la temperatura de funcionamiento

Dado que este método utiliza el cambio en la temperatura de funcionamiento, su aplicación se limita a operaciones relativamente estables.

Para la detección, las temperaturas de funcionamiento deben ser registradas continuamente.

Si se producen anomalías en los rodamientos, la temperatura de funcionamiento no sólo aumenta sino que también cambia de forma irregular.

Se recomienda que este método se emplee junto con la comprobación de ruido.

3) Comprobación del lubricante

Este método detecta anomalías por los cuerpos extraños, incluyendo suciedad y polvo metálico, en los lubricantes recogidos como muestras.

Este método se recomienda para la inspección de los rodamientos que no pueden ser comprobados por una inspección visual cercana, y los rodamientos de gran tamaño.

16. Ejemplos de fallas de los rodamientos

Table 16-1 (1) Fallas de los rodamientos, causas y contramedidas





Fallas	Características		Daños	Causas	Contramedidas
① Desconchado	  <p>El desconchado es un fenómeno cuando el material se retira en escamas de una capa superficial de las pistas de rodadura o elementos rodantes debido a la fatiga de rodadura.</p> <p>Este fenómeno se atribuye generalmente al final próximo de la vida útil del rodamiento. Sin embargo, si las escamas se producen en las primeras etapas de la vida útil de los rodamientos, es necesario determinar las causas y adoptar contramedidas.</p> <p>[Referencia] Picaduras La picadura es otro tipo de falla causada por la fatiga de rodadura, en la que los agujeros diminutos de aprox. 0,1 mm de profundidad se generan en la superficie de la pista.</p>		Desconche que ocurre en una etapa incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Demasiado pequeño el juego interno Lubricante inapropiado o insuficiente Demasiada carga Oxido 	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionar un juego interno adecuado. Seleccione el método de lubricación o lubricante adecuado.
			Desconche en un lado de la pista de rodamiento radial	<ul style="list-style-type: none"> Carga axial extraordinariamente grande 	<ul style="list-style-type: none"> El ajuste entre el aro exterior en el lado libre y el alojamiento debe cambiarse para ajuste deslizante.
			Desconche simétrico a lo largo de la circunferencia de la pista de rodadura	<ul style="list-style-type: none"> Redondez incorrecta del alojamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Corregir el proceso de precisión del agujero del alojamiento. <p>(Especialmente para alojamientos divididos, se debe tener cuidado para asegurar la precisión del proceso.)</p>
			Desconche inclinado en la pista de rodadura del rodamiento radial de bolas	<ul style="list-style-type: none"> Montaje incorrecto Deflexión del eje Inexactitud del eje y del alojamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Centrado correcto. Aumente el juego interno del rodamiento. Corregir la perpendicularidad del del hombro del eje o del alojamiento.
			El desconche se producen cerca del borde de la pista de rodadura o de la superficie de contacto rodante de los rodillos del rodamiento		
② Agrietamiento, Astillado			Fisura en el aro externo o aro interior	<ul style="list-style-type: none"> Interferencia excesiva Radio de enlace excesivo en el eje o el alojamiento Fuerte carga de impacto Escamas o cizallamiento avanzado 	<ul style="list-style-type: none"> Seleccione el ajuste adecuado. Ajuste el radio de enlace en el eje o en el alojamiento a un tamaño menor que el de la dimensión del chafán del rodamiento. Reexaminar las condiciones de carga.
			Fisura en elementos rodantes	<ul style="list-style-type: none"> Fuerte carga de impacto Desconche avanzado 	<ul style="list-style-type: none"> Mejore el procedimiento de montaje y manipulación. Reexaminar las condiciones de carga.
			Fisura en la pestaña	<ul style="list-style-type: none"> Impacto en la pestaña durante el montaje Carga axial de impacto excesiva 	<ul style="list-style-type: none"> Mejore el procedimiento de montaje Reexaminar las condiciones de carga.
③ Brinelado, entallas	 <p>(Brinelado)</p>		Brinelado en la pista de rodadura o superficie de contacto rodante	<ul style="list-style-type: none"> Entrada de materia extraña 	<ul style="list-style-type: none"> Limpie el rodamiento y sus partes periféricas. Mejorar los dispositivos de sellado.
			Brinelado en la superficie del camino de rodadura en el mismo intervalo que el espaciamiento de los elementos rodantes	<ul style="list-style-type: none"> Impacto de carga durante el montaje Carga excesiva aplicada mientras el rodamiento está parado 	<ul style="list-style-type: none"> Mejore el procedimiento de montaje Mejorar el manejo de la máquina.
			Entallas en la pista de rodadura o superficie de contacto rodante	<ul style="list-style-type: none"> Manejo descuidado 	<ul style="list-style-type: none"> Mejore el procedimiento de montaje y manipulación.

Tabla 16-1 (2) Fallas de los rodamientos, causas y contramedidas

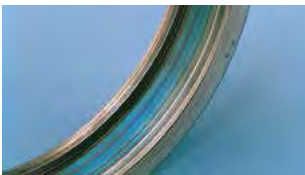


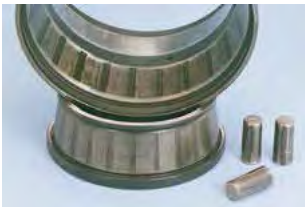

Fallas	Características		Daños	Causas	Contramedidas
[4] Piel de pera, decoloración	 <p>(A-6720) (Decoloración)</p> <ul style="list-style-type: none"> La piel de la pera es un fenómeno en el cual las marcas de brinelado cubren toda la superficie de rodadura, causada por la inserción de materia extraña. Esto se caracteriza por la pérdida de brillo y una superficie de rodadura que es áspera en la apariencia. En casos extremos, esto se acompaña de una decoloración debida a la generación de calor. La decoloración es un fenómeno en el que el color de la superficie cambia debido a manchas o generación de calor durante la rotación. El cambio de color causado por el óxido y la corrosión es generalmente separado de este fenómeno. 		<p>Indentación similar a la piel de pera en la pista de rodadura y superficie de contacto rodante.</p> <p>Decoloración de la pista de rodadura, superficie de contacto de rodadura superficial, cara de la pestaña y tierra agarrada de cabina sobre la jaula.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Entrada de materia extraña diminuta Juego interno del rodamiento demasiado pequeño Lubricante inadecuado o insuficiente Deterioro de la calidad del lubricante debido al envejecimiento, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Limpie el rodamiento y sus piezas periféricas. Mejorar el dispositivo de sellado. Proporcionar un juego interno adecuado. Selecione el método de lubricación o lubricante adecuado.
[5] Rayaduras, desgaste abrasivo	 <p>(A-6459) (Desgaste abrasivo)</p> <ul style="list-style-type: none"> Los arañazos o rayaduras son marcas relativamente superficiales generadas por el contacto deslizante, en la misma dirección que el deslizamiento. Esto no se acompaña de la aparente fusión de material. El desgaste abrasivo se refiere a marcas, cuya superficie se funde parcialmente debido a una mayor presión de contacto y por lo tanto un mayor efecto de calor. En general, el desgaste abrasivo puede considerarse como un caso grave de arañazos. 		<p>Rasguños en la pista de rodadura o superficie de contacto rodante</p> <p>Desgaste abrasivo en la cara de la pestaña y en las caras de los rodillos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Lubricante insuficiente en la operación inicial Manejo descuidado Lubricante inadecuado o insuficiente Mejore el montaje Excesiva carga axial 	<ul style="list-style-type: none"> Aplique lubricante a los caminos de rodadura y superficies de contacto de los elementos rodantes cuando este montado. Mejore el procedimiento de montaje. Selecione el método de lubricación o lubricante adecuado. Corrija el centrado en la dirección axial
[6] Microadherencia	 <p>(A-6640)</p> <p>La microadherencia es un fenómeno en el que un grupo de minúsculas partículas cubren la superficie de contacto rodante.</p> <p>Dado que la microadherencia es causada por la alta temperatura debida a la fricción, la superficie del material suele fundirse parcialmente, y las superficies manchadas aparecen muy rugosas en muchos casos.</p>		<p>Microadherencias en la pista de rodadura o superficie de contacto rodante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Lubricante inadecuado o insuficiente Deslizamiento de los elementos rodantes <p>Esto ocurre debido a la ruptura de la película de lubricante cuando un giro anormal causa un deslizamiento de los elementos rodantes en la pista de rodadura.</p>	<p>Selecione el método de lubricación o lubricante adecuado.</p> <p>Proporcione la precarga adecuada.</p>
[7] Óxido, corrosión	 <p>(A-7130)</p> <ul style="list-style-type: none"> El óxido es una película de óxidos, o hidróxidos, o carbonatos formados en una superficie metálica debido a la reacción química. La corrosión es un fenómeno en el cual una superficie metálica es erosionada por soluciones ácidas o alcalinas a través de una reacción química (reacción electroquímica tal como combinación química y formación de un par); dando como resultado la oxidación o disolución. <p>A menudo se produce cuando el azufre o cloruro contenido en los aditivos del lubricante se disuelve a alta temperatura.</p>		<p>Óxido cubriendo parcial o totalmente la superficie de apoyo.</p> <p>Oxidación y corrosión en el mismo intervalo que el espaciamiento de los elementos rodantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mejore las condiciones de almacenamiento Formación de gotas en la atmósfera Contaminación por agua o materia corrosiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejore las condiciones de almacenamiento de los rodamientos. Mejorar el dispositivo de sellado. Proporcionar tratamiento antioxidante antes de un largo cese de la operación. Mejorar el dispositivo de sellado.
[8] Picaduras eléctricas	 <p>(A-6652)</p> <p>Cuando una corriente eléctrica pasa a través de un rodamiento mientras está en funcionamiento, puede generar chispas entre el camino de rodadura y los elementos rodantes a través de una película de aceite muy delgada, dando como resultado la fusión del metal superficial en esta zona. Este fenómeno parece una picadura a primera vista. (El defecto resultante se conoce como un punto.) Cuando el punto se magnifica, aparece como un agujero como un cráter, lo que indica que el material se derretió cuando estaba chispeando. En algunos casos, la superficie de rodadura se ondula por picaduras.</p>		<p>Picaduras o un fallo superficial ondulado en la pista de rodadura y la superficie de contacto rodante.</p> <p>Los rodamientos deben ser reemplazados, si la textura ondulada se encuentra arañando la superficie con una uña o si se observa el picado por inspección visual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Chispas generadas cuando la corriente eléctrica pasa a través del rodamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Proporcionar un polo a tierra que evita que la corriente pase por los rodamientos. Aislamiento de rodamientos.

Tabla 16-1 (3) Fallas de los rodamientos, causas y contramedidas

Fallas	Características		Daños	Causas	Contramedidas
9 Desgaste	 <p>(A-4719)</p> <p>Normalmente, el desgaste del rodamiento se observa en las superficies de contacto deslizantes tales como las caras del extremo del rodillo y las caras de las pestañas, las ventanas de la jaula, la superficie de guía de las jaulas y sobre las jaulas. El desgaste no está directamente relacionado con la fatiga del material.</p> <p>El desgaste causado por materiales extraños y por la corrosión puede afectar no sólo las superficies deslizantes sino las superficies de rodadura.</p>		Desgaste en las superficies de contacto (caras de los rodillos, caras de las pestañas, ventanas de la jaula).	· Lubricante inapropiado o insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> · Seleccione el método de lubricación o lubricante adecuado. · Mejorar el dispositivo de sellado. · Limpie el rodamiento y sus piezas periféricas.
			Desgaste en pistas de rodadura y superficies de rodadura.	· Entrada de materia extraña · Lubricante inapropiado o insuficiente	
10 Corrosión de contacto	 <p>(A-6649)</p> <p>La corrosión de contacto ocurre en los rodamientos que están sujetos a vibración mientras están en estado estacionario o que están expuestos a vibraciones mínimas.</p> <p>Se caracteriza por partículas de desgaste de color óxido. La corrosión por contacto en las pistas a menudo parece similar a brinelado, a veces se llama "falso brinelado".</p>		Partículas de desgaste de color rojizo generadas en la superficie apretada (corrosión por fricción).	· Interferencia insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> · Proporcionar una mayor interferencia. · Aplique lubricante a la superficie de ajuste
			Brinelado en la superficie de la pista de rodadura en el mismo intervalo que el espaciamiento de los elementos rodantes (falso brinelado).	· Vibración y oscilación cuando los rodamientos están estacionarios.	
11 Deslizamiento	 <p>(A-6647)</p> <p>El deslizamiento es un fenómeno en el que los aros del rodamiento se mueven en relación con el eje o alojamiento durante el funcionamiento.</p>		Desgaste, decoloración y rayaduras causados por deslizamiento en las superficies de montaje.	<ul style="list-style-type: none"> · Interferencia insuficiente · Apriete insuficiente del manguito 	<ul style="list-style-type: none"> · Proporcionar una mayor interferencia. · Apretar correctamente el manguito.
12 Daño a las jaulas	 <p>(A-6455)</p> <p>Dado que las jaulas están hechas de materiales de baja dureza, la presión externa y el contacto con otras partes pueden producir fácilmente defectos y distorsiones. En algunos casos, estos se agravan y se convierten en astilladuras y grietas.</p> <p>La astilladura grande y las grietas se acompañan a menudo de la deformación, que puede reducir la exactitud de la jaula misma y puede obstaculizar el movimiento suave de los elementos rodantes.</p>		Defectos, distorsión, astillado, grietas y desgaste excesivo en las jaulas. Remaches sueltos o dañados.	<ul style="list-style-type: none"> · Vibración extraordinaria, impacto, flexión. · Lubricante inapropiado o insuficiente · Montaje incorrecto (desalineación) · Aboyaduras hechas durante el montaje 	<ul style="list-style-type: none"> · Reexaminar las condiciones de la carga · Seleccione el método de lubricación o lubricante adecuado. · Minimice la desviación en el montaje. · Reexaminar los tipos de jaula. · Mejore el montaje.
13 Agarrotamiento	 <p>(A-6679)</p> <p>Un fenómeno causado por un calentamiento anormal en los rodamientos.</p>		Decoloración, distorsión y fundición de las partes.	<ul style="list-style-type: none"> · Juego interno demasiado pequeño · Lubricante inapropiado o insuficiente · Carga excesiva · Agravado por otros defectos del rodamiento 	<ul style="list-style-type: none"> · Proporcionar un juego interno adecuado. · Seleccione el método de lubricación o lubricante adecuado. · Reexaminar el tipo de rodamiento. · Descubrimiento temprano de defectos de rodamientos.

Contenido

Rodamientos estándar

Rodamientos rígido de bolas	B	4
Una hilera		
Tipo abierto.....	B	8
Tipo con tapas de protección o sellado.....	B	20
Con ranura para anillo de retención/ con anillo de retención	B	32
Rodamientos de bolas Extra-pequeño, miniatura		
Tipo abierto/con tapas de protección/sellado.....	B	38
Tipo brida (Tipo abierto/con tapas de protección/sellado) ...	B	44
Doble hilera	B	50

Rodamientos de bolas de contacto angular	B	52
Una hilera.....	B	60
Apareado.....	B	88
Doble hilera.....	B	116

Rodamientos autoalineables de bolas	B	122
Tipo abiertos.....	B	124
Tipo sellados.....	B	130
Tipo anillo interior extendido.....	B	132
Manguitos de montaje para rodamientos de bolas auto alineables...	B	134

Rodamientos de rodillos cilíndricos	B	136
Una Hilera.....	B	140
Anillo axial.....	B	166
Doble hilera.....	B	176

Rodamientos de rodillos cónicos	B	182
Una hilera		
Serie métrica	B	186
Serie en pulgadas.....	B	216
Doble hilera		
Tipo TDO.....	B	260
Tipo TDI.....	B	276

Rodamientos de rodillos esféricos	B	282
Rodamientos de rodillos esféricos.....	B	286
Manguitos de montaje para rodamientos de rodillos esféricos	B	310
Manguitos de desmontaje para rodamientos de rodillos esféricos ...	B	318

Rodamientos axiales de bolas	B	328
Simple efecto.....	B	330
Doble efecto.....	B	340

Rodamientos axiales de rodillos esféricos	B	346
--	---	-----

Rodamientos de agujas	B	354
Rodamientos de agujas y coronas de agujas...	B	372
Tipo casquillo.....	B	406
Tipo trabajo pesado.....	B	424
Axiales.....	B	436
Combinados.....	B	452
Anillo interior.....	B	458
(Unidireccionales).....	B	474

[Introducción]

Chumaceras	B	478
-------------------------	---	-----

Rodamientos para propósitos especiales

Serie K sección super delgada

Rodamientos de bolas	C	1
Tipo rígido de bolas	}	C 9
Tipo de contacto angular		
Tipo cuatro puntos de contacto		
Tipo sellado.....	C	19

Rodamientos para ferrocarril

Rodamientos para ejes de ferrocarril	C	21
Rodamientos de rodillos cilíndricos.....	C	25
Rodamientos de rodillos cilíndricos tipo sellado.....	C	27
Rodamientos de rodillos cónicos tipo sellado (Rodamientos ABU).....	C	29

Rodamientos lineales de bolas	C	31
Rodamientos lineales de bolas.....	C	35
Tipo flanche.....	C	41

Accesorios	C	45
Tuercas de seguridad.....	C	47
Arandelas de seguridad.....	C	53
Placas de seguridad.....	C	55

[Introducción]

Rodamientos serie cerámica & EXSEV	C	57
---	---	----

Rodamientos para husillos de máquinas herramienta (Para soportar cargas axiales)	C	59
---	---	----

Soporte de rodamientos para tornillo de bolas de precisión y soporte del rodamiento	C	61
--	---	----

Rodamientos de rodillos cilíndricos completamente llenos para poleas de grúa	C	63
---	---	----

Rodamientos para rodillos de laminación ...	C	65
--	---	----