

RODAMIENTOS DE AGUJAS



1 Vida útil y capacidad de carga del rodamiento

1-1 Vida útil del rodamiento

Los rodamientos están sometidos a cierta intensidad de esfuerzo repetitivo en su anillo de pista de rodadura y elemento rodante incluso durante la operación bajo la carga adecuada, el montaje apropiado, y lubricación suficiente. El esfuerzo puede causar daños por las escamas formadas en la superficie después de cierto tiempo debido a su concentración en la zona poca profunda bajo la superficie. Este fenómeno se denomina separación en forma de escamas (exfoliación de la superficie). El fenómeno que hace que el rodamiento llegue a ser inservible debido a la separación de escamas causada por el esfuerzo cíclico repetitivo bajo condiciones normales de operación se denomina "vida útil" del rodamiento. En general, la vida útil de un rodamiento se define mediante el número total de rotaciones del rodamiento hasta que se genera la separación en forma de escamas en la superficie de la pista. Sin embargo, el reconocer la vida útil media como criterio de vida útil del rodamiento no es apropiado para la selección real del rodamiento ya que la limitación de fatiga del material varía. Será más práctico considerar la vida útil garantizada a la mayoría de los rodamientos (vida útil efectiva básica) como criterio. El fenómeno por el que el rodamiento queda inoperante debido al agarrotamiento por calor, el desgaste, la fractura, y el rayado se toma como "fallo" causado por las condiciones de operación y la selección del rodamiento de forma que esto y la vida útil deberán considerarse como fenómenos diferentes.

1-2 Vida útil efectiva básica

La vida útil efectiva básica del rodamiento se definirá como el número total de rotaciones con las que el 90 % del grupo de los mismos rodamientos puede funcionar sin causar la separación en forma de escamas debida a la fatiga de rodadura cuando se operen bajo las mismas condiciones.

En el caso de rotación a cierta velocidad constante, la vida útil efectiva básica puede expresarse también en tiempo de rotación total.

1-3 Capacidad de carga dinámica básica

Una carga radial estática dada bajo la cual un rodamiento soporta teóricamente la vida útil efectiva básica de un millón de rotaciones se denomina capacidad de carga dinámica básica.

1-4 Carga dinámica equivalente

Carga radial dinámica equivalente

La carga que se aplica virtualmente al centro de un rodamiento bajo la cual se obtiene una vida útil equivalente a la del caso de aplicar al mismo tiempo carga radial y carga axial al rodamiento se denomina carga radial dinámica equivalente. En el caso de un rodamiento de agujas, su tipo radial sólo admite carga radial, por lo que únicamente se le aplicará carga radial.

1-5 Fórmula de cálculo de la vida útil del rodamiento

La relación siguiente se aplica a la vida útil efectiva básica, la capacidad de carga dinámica básica, y la carga dinámica equivalente del rodamiento.

$$L_{10} = (C_r / P_r)^p \dots \dots \dots (1.1)$$

- L_{10} : Vida útil efectiva básica 10⁶ rev
- C_r : capacidad de carga dinámica básica N
- P_r : carga radial dinámica equivalente N
- p : Rodamiento de bolas $p = 3$, Rodamiento de rodillos $p = 10/3$

La vida útil efectiva básica puede expresarse como el tiempo de rotación total con unas rotaciones por minuto dadas mediante la fórmula siguiente.

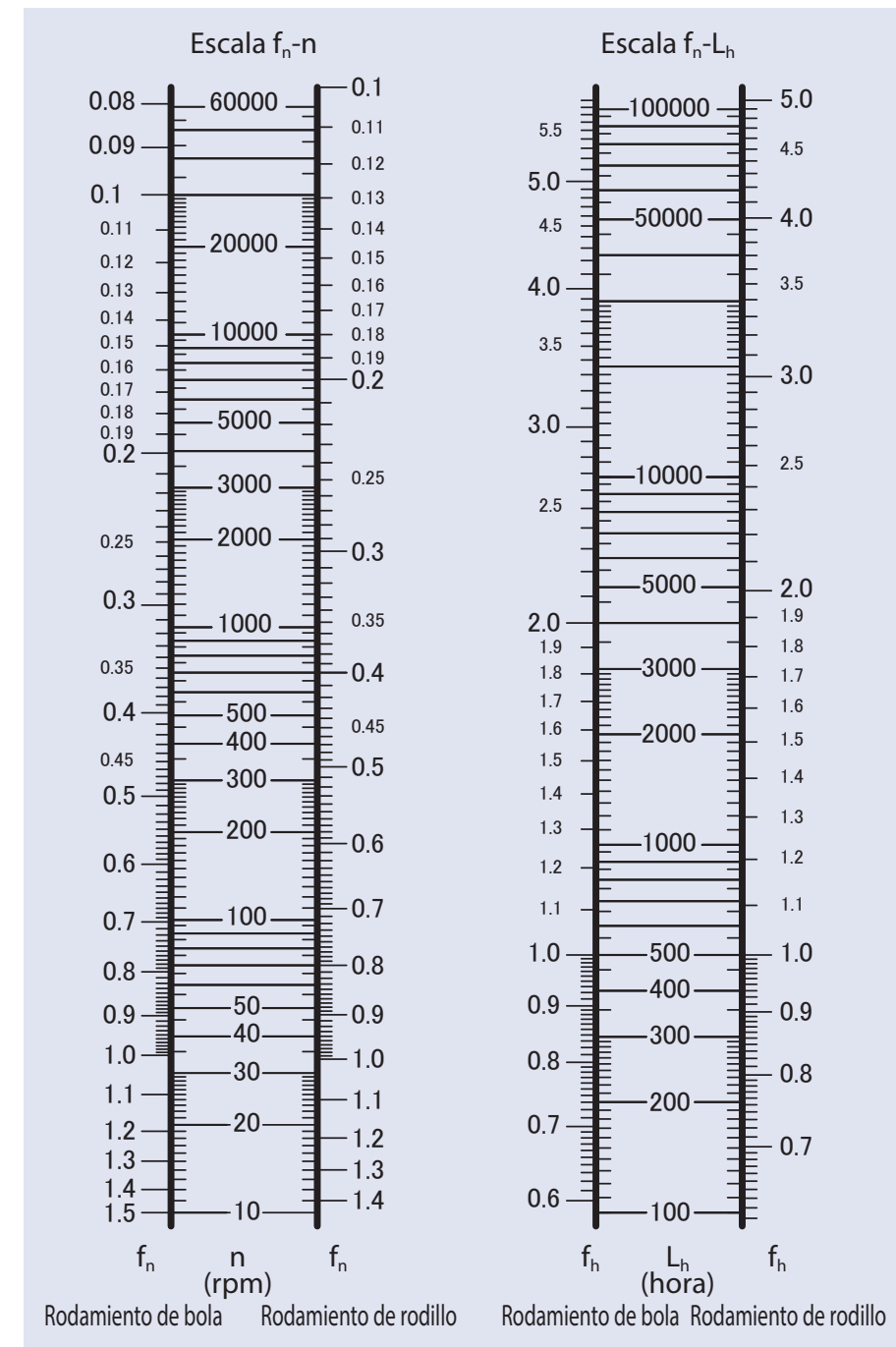
$$L_h = 10^6 L_{10} / 60n = 500 f_n^p \dots \dots \dots (1.2)$$

$$f_h = f_n C_r / P_r \dots \dots \dots (1.3)$$

$$f_n = (33.3 / n)^{1/p} \dots \dots \dots (1.4)$$

- L_h : Vida útil efectiva básica expresada en horas h
- n : Rotaciones por minuto rpm
- f_h : Factor de vida útil del rodamiento
- f_n : Factor de velocidad

Escala de vida útil efectiva básica



1-6 Condiciones de operación y factor de vida útil del rodamiento

Accionamiento de maquinaria y vida útil exigida

Los rodamientos deberán seleccionarse basándose en la vida útil exigida de acuerdo con el accionamiento de maquinaria y las condiciones de operación.

La vida útil exigida se determina mediante duración de aguante para accionar de maquinaria y períodos de operación fiable.

En la Tabla 1 se indica la vida útil exigida, que puede tomarse como referencia típica.

Tabla 1 Condiciones de operación y factor de vida útil exigida (referencia)

Condiciones de operación	Factor de vida útil del rodamiento f_h				
	~3	2~4	3~5	4~7	6~
Operación de corta duración u ocasional	Electrodo-mésticos Herramientas eléctricas	Maquinaria agrícola Equipos de oficina			
Operación de corta duración u ocasional, pero necesidad de asegurar una operación fiable	Equipos médicos Instrumentos de medición	Acondicionador de aire para el hogar Maquinaria de construcción Grúa	Ascensor	Grúa (rueda de polea)	
Operación de larga duración pero no a tiempo completo		Motor de pequeño tamaño Sistema de engranajes en general Maquinaria de carpintería Automóvil de pasajeros	Máquinas herramienta Motor de aplicación general en fábricas Trituradora	Sistema de engranajes importante Rodillo de calendario para caucho y plástico Máquina impresora	
Operación continua de más de ocho horas diarias		Máquina laminadora Escalera mecánica Cinta transportadora Separador centrífugo	Acondicionador de aire Motor de tamaño grande Compresor, bomba	Torno de extracción Máquina de prensa	Máquina de fabricación de pulpa, papel
Operación las 24 horas del día y no debe parar sin accidente					Sistema hidráulico Sistema electrogenerador

1-7 Vida útil efectiva corregida

La fórmula para vida útil efectiva básica descrita arriba se aplica a rodamientos con una fiabilidad del 90 %, cuyo material es para rodamientos de aplicación general y están fabricados con normas de calidad estándar, así como los utilizados en condiciones de operación estándar. La duración efectiva corregida deberá calcularse utilizando el factor de corrección a_1 , a_2 y a_3 en el caso de que la fiabilidad sea de más del 90 %, o de que la vida útil necesite obtenerse para propiedades o condiciones de operación especiales de rodamiento.

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10} \dots \dots \dots (1.5)$$

- L_{na} : Ajuste de la vida útil efectiva 10^6 rotación
- a_1 : Factor de fiabilidad
- a_2 : Factor de propiedades especiales de rodamiento
- a_3 : Factor de condiciones de operación

1-7-1 Factor de fiabilidad

Factor de fiabilidad a_1

Éste es el factor corregido de vida útil del rodamiento para fiabilidad (100-n) % cuando la probabilidad de fallo es n %. En la Tabla 2 se muestra el valor del factor de fiabilidad a_1 .

Tabla 2 Factor de fiabilidad a_1

Fiabilidad (%)	L_n	a_1
90	L_{10}	1
95	L_5	0.62
96	L_4	0.53
97	L_3	0.44
98	L_2	0.33
99	L_1	0.21

1-7-2 Factor de propiedades especiales de rodamiento

Factor de propiedades especiales de rodamiento a_2

El factor de propiedades especiales de rodamiento a_2 se utiliza para ajustar la variación de las propiedades concernientes a la vida útil en el caso de que el tipo de material, la calidad, o el proceso de fabricación sean especiales. Este factor deberá ser $a_2 = 1$ para método de material y fabricación estándar. Puede ser $a_2 > 1$ cuando se utilice material modificado o método de fabricación especial debido a la calidad mejorada del material o al progreso de la tecnología de fabricación de rodamientos.

1-7-3 Factor de condiciones de operación

Factor de condiciones de operación a_3

Éste es un factor para ajustar el impacto de las condiciones de operación del rodamiento, en especial el efecto de la lubricación en su vida útil por fatiga.

La vida útil del rodamiento es esencialmente un fenómeno de fatiga de la capa de superficie que está sometida a carga cíclica repetitiva. Por lo tanto, este factor será $a_3 = 1$ en condiciones ideales de lubricación cuando el elemento rodante y la superficie de rodadura están completamente aislados por una película de aceite y el fallo de superficie pueda ignorarse. En condiciones de lubricación deficiente, como baja viscosidad del lubricante, o bajo velocidad de rotación significativamente baja del elemento rodante, deberá ser $a_3 < 1$.

Por el contrario, puede ser $a_3 > 1$ en condiciones de lubricación especialmente excelentes. En general, el factor de propiedades especiales de rodamiento a_2 no puede ajustarse a un valor que sobrepase 1 cuando $a_3 < 1$.

1-8 Ajuste de capacidad de carga dinámica básica para factores de temperatura y dureza

1-8-1 Factor de temperatura

Aunque la temperatura de operación del rodamiento se define individualmente de acuerdo con el material y la estructura, el rodamiento es capaz de poder utilizarse a temperaturas superiores a 150 °C aplicándole un tratamiento especial para resistencia térmica. Sin embargo, esto causará la reducción de la capacidad de carga dinámica básica como resultado del esfuerzo de contacto permisivo. La capacidad de carga dinámica básica teniendo en cuenta el incremento de la temperatura se obtiene mediante la fórmula siguiente.

$$C_1 = f_1 C_r \dots\dots\dots (1.6)$$

- C_1 : Capacidad de carga dinámica básica teniendo en cuenta el incremento de la temperatura N
- f_1 : Factor de temperatura (Consulte la Figura 1)
- C_r : Capacidad de carga dinámica básica N

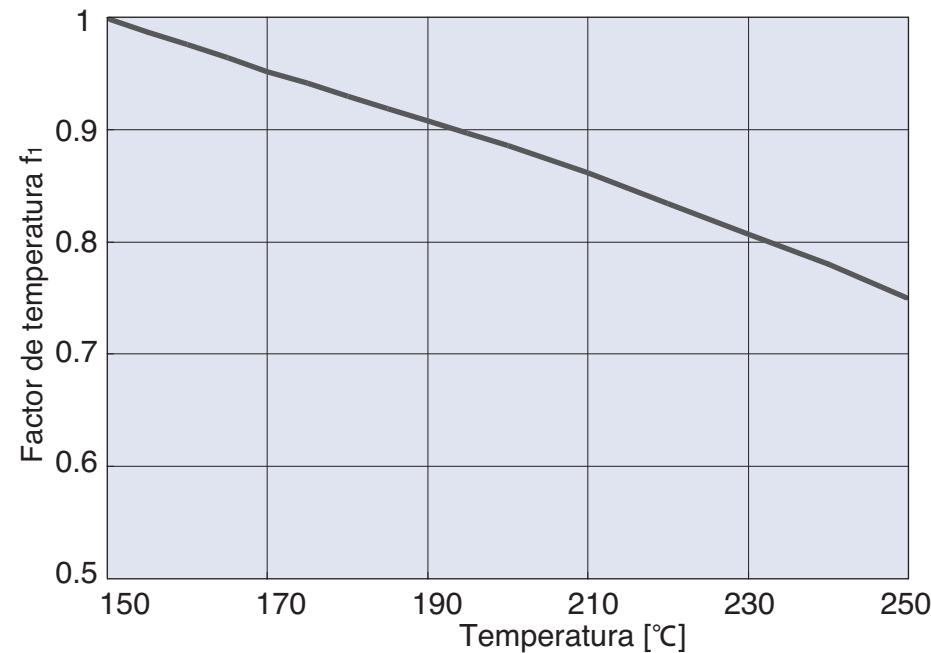


Figura 1

1-8-2 Factor de dureza

La superficie de la pista de rodadura deberá ser HRC58 a 64 en el caso de utilizar eje o alojamiento como pista de rodadura en vez de anillo interior o anillo exterior de rodamiento, respectivamente. La capacidad de carga dinámica básica puede reducirse en el caso de que la dureza de la superficie sea inferior a HRC58. La capacidad de carga dinámica básica teniendo en cuenta la dureza de la superficie se obtiene mediante la fórmula siguiente.

$$C_2 = f_2 C_r \dots\dots\dots (1.7)$$

- C_2 : Capacidad de carga dinámica básica teniendo en cuenta la dureza N
- f_2 : Factor de rigidez (Consulte la Figura 2)
- C_r : Capacidad de carga dinámica básica N

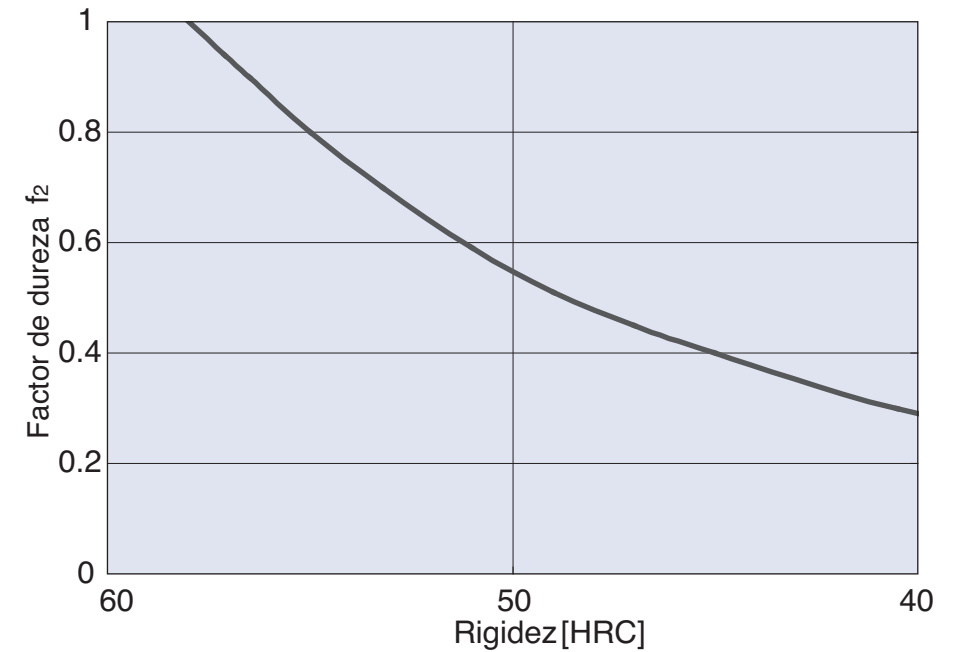


Figura 2

1-9 Capacidad de carga estática básica

La capacidad de carga estática básica se especifica como una carga estática que corresponde al esfuerzo de contacto indicado en la tabla siguiente en el elemento rodante y el centro de contacto de la pista de rodadura que están sometidos a la carga máxima. La deformación permanente total del elemento rodante y la pista de rodadura que se produce por el esfuerzo de contacto puede ser de aproximadamente 0,0001 veces del diámetro del elemento rodante.

Tipo de rodamiento	Esfuerzo de contacto (MPa)
Rodamiento de rodillos	4000

1-10 Carga estática equivalente

La carga que se aplica virtualmente al centro de un rodamiento bajo la cual se obtiene un esfuerzo de contacto equivalente al esfuerzo de contacto máximo que ocurre en la superficie de contacto entre el elemento rodante y la pista de rodadura, cuando la carga radial y carga axial se aplican al rodamiento al mismo tiempo, se denomina carga estática equivalente.

En el caso de un rodamiento de agujas, su tipo radial sólo admite carga radial, por lo que únicamente se le aplicará carga radial.

$$P_{or} = F_r \dots \dots \dots (1.8)$$

P_{or} : Carga radial estática equivalente N

1-11 Factor de seguridad estática

Aunque el límite permisivo de carga estática equivalente se toma típicamente como capacidad de carga estática básica, su límite deberá establecerse teniendo en cuenta la seguridad porque las condiciones requeridas para los rodamientos varían ampliamente. El factor de seguridad estática f_s se obtiene mediante la fórmula siguiente (1.9). En la Tabla 3 se muestran sus valores típicos.

$$f_s = \frac{C_{or}}{P_{or}} \dots \dots \dots (1.9)$$

f_s : Factor de seguridad

C_{or} : Capacidad de carga estática básica N

Tabla 3 Factor de seguridad estática

Condiciones de operación del rodamiento	f_s
Con precisión de rotación alta Con carga de impacto	≥ 3
Con precisión de rotación estándar	≥ 1.5
Con precisión de rotación estándar y baja velocidad	≥ 1

1-12 Velocidad de rotación permisiva

El aumento de la velocidad de rotación del rodamiento puede causar el incremento de la temperatura del mismo debido a al calor de abrasión generado en el interior del rodamiento, que resulta en fallo con agarrotamiento por calor. La velocidad de rotación de umbral hasta la que se posibilita una operación segura de larga duración se denomina velocidad de rotación permisiva.

La velocidad de rotación permisiva varía dependiendo del tipo, el tamaño, la carga, el método de lubricación, y el juego radial del rodamiento. Es un valor experimental con el que se posibilita la operación sin que se genere calor que sobrepase cierto límite.

2 Carga del rodamiento

2-1 Factor de carga

La operación en maquinaria real está sometida a una carga mayor que la carga en dirección axial teórica debido a la vibración y el impacto.

La carga real se obtiene calculando la carga aplicada al sistema de ejes utilizando el factor de carga mostrado en la Tabla 4.

$$K = f_w \cdot K_c \dots \dots \dots (2.1)$$

K : Carga real aplicada al sistema de ejes N

K_c : Valor de cálculo teórico N

f_w : Factor de carga (Tabla 4)

Tabla 4 Factor de carga

Grado de carga	Ejemplos	f_w
Movimiento uniforme sin ningún impacto	Acondicionador de aire, instrumentos de medición, equipos de oficina	1 ~1.2
Con rotación estándar	Caja de engranajes, vehículo, máquina de fabricación de papel	1.2~1.5
Operación con vibración e impacto	Máquina laminadora, maquinaria de construcción, trituradora	1.5~3

2-2 Distribución de carga

Distribución de carga al rodamiento

El sistema de ejes se toma como una viga estática soportada por rodamientos para distribuir carga que actúa en el sistema de ejes a los rodamientos. En la Tabla 5 se muestra un ejemplo de cálculo de distribución de carga.

Tabla 5 Ejemplo de cálculo de distribución de carga

Ejemplos	Cálculo de carga
	$F_1 = \frac{W_1(b+c) + W_2c}{a+b+c}$ $F_2 = \frac{W_1a + W_2(a+b)}{a+b+c}$
	$F_1 = \frac{W_1(a+b+c) + W_2c}{b+c}$ $F_2 = \frac{W_2b - W_1a}{b+c}$

2-3 Transmisión de carga

Cargas de rodamientos en transmisión por correa o cadena

La fuerza que actúa en la polea o rueda dentada cuando se transmite potencia mediante una correa o cadena se obtiene mediante la fórmula siguiente.

$$T = 9550P/N \dots \dots \dots (2.2)$$

$$F_t = 2000 \cdot T/d \dots \dots \dots (2.3)$$

- T** : Par de torsión que actúa sobre la polea o rueda dentada N·m
- F_t** : Fuerza efectiva transmitida por la correa o cadena N
- P** : Potencia transmitida kW
- N** : Rotaciones por minuto rpm
- d** : Diámetro efectivo de la polea o rueda dentada mm

La carga F_r que actúa sobre el eje de la polea se obtiene multiplicando la fuerza efectiva transmitida F_t por el factor de correa f_b mostrado en la Tabla 6 en el caso de transmisión por correa.

$$F_r = f_b F_t \dots \dots \dots (2.4)$$

Tabla 6 Factor de correa

Tipo de correa	f_b
Correa trapezoidal	2 ~2.5
Correa plana (con polea tensora)	2.5~3
Correa plana (sin polea tensora)	4 ~5

En el caso de transmisión por cadena, la carga que actúa sobre el eje de la rueda dentada se obtiene mediante la fórmula (2.4) de la misma forma que para la transmisión por correa utilizando un valor entre 1,2 y 1,5 como factor de cadena correspondiente a f_b .

Cargas de rodamientos en transmisión por engranaje

En el caso de transmisión de potencia por engranaje, los métodos de cálculo varían dependiendo del tipo de engranaje ya que la fuerza que actúa sobre el engranaje se divide en carga radial y carga axial, y su dirección y relación varían dependiendo del tipo de engranaje. En el caso del engranaje plano más sencillo, la dirección de la carga es radial solamente y se obtiene mediante la fórmula siguiente.

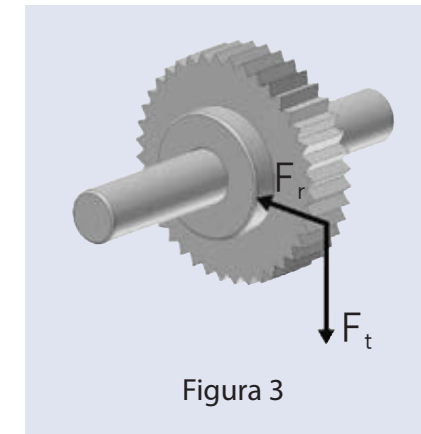
$$T = 9550P/N \dots \dots \dots (2.5)$$

$$F_t = 2000 \cdot T/d \dots \dots \dots (2.6)$$

$$F_r = F_t \cdot \tan \alpha \dots \dots \dots (2.7)$$

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

- T** : Par de torsión que actúa sobre el engranaje N·m
- F_t** : Fuerza en dirección tangencial del engranaje N
- F_r** : Fuerza en dirección radial del engranaje N
- F_c** : Fuerza combinada que actúa perpendicularmente al engranaje N
- P** : Potencia transmitida kW
- N** : Rotaciones por minuto rpm
- d** : Diámetro del círculo del paso del engranaje impulsor mm
- α** : Ángulo de presión del engranaje



El valor que se obtiene al multiplicar la carga teórica por el factor de engranaje f_z de la Tabla 7 deberá utilizarse como carga real porque el grado de vibración e impacto que afecta la carga teórica obtenida mediante la fórmula de arriba varía dependiendo del tipo de engranaje y la precisión del acabado de la superficie del engranaje.

$$F = f_z F_c \dots \dots \dots (2.9)$$

Tabla 7 Factor de engranaje

Tipo de engranaje	f_z
Engranaje de precisión (Tanto el error de paso como el error geométrico son 0,02 mm o menos)	1.05~1.1
Engranaje maquinado normal (Tanto el error de paso como el error geométrico es entre 0,02 mm y 0,1 mm)	1.1 ~1.3

Carga media

La carga media F_m que se convierte para aplicar duración uniforme a cada rodamiento puede utilizarse en el caso de que la carga que actúa sobre el rodamiento sea inestable y cambie en varios ciclos.

(1) Carga escalonada fluctuante

La carga media F_m se obtiene mediante la fórmula (2.10) en el caso de que la carga del rodamiento F_1, F_2, F_3, \dots se aplique con velocidad de rotación de n_1, n_2, n_3, \dots y duración de operación de t_1, t_2, t_3, \dots respectivamente.

$$F_m = \left[\frac{(F_1^{10/3} \cdot n_1 t_1 + F_2^{10/3} \cdot n_2 t_2 + \dots + F_n^{10/3} \cdot n_n t_n)}{(n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n)} \right]^{3/10} \dots \dots \dots (2.10)$$

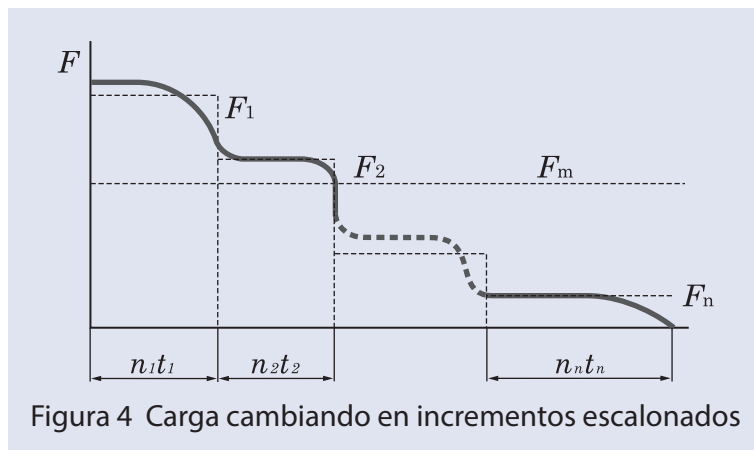


Figura 4 Carga cambiando en incrementos escalonados

(2) Carga continuamente fluctuante

La carga media se obtiene mediante la fórmula (2.11) en el caso de que la carga pueda expresarse en función $F(t)$ del tiempo t con el ciclo t_0 .

$$F_m = \left[\frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} F(t)^{10/3} dt \right]^{3/10} \dots \dots \dots (2.11)$$

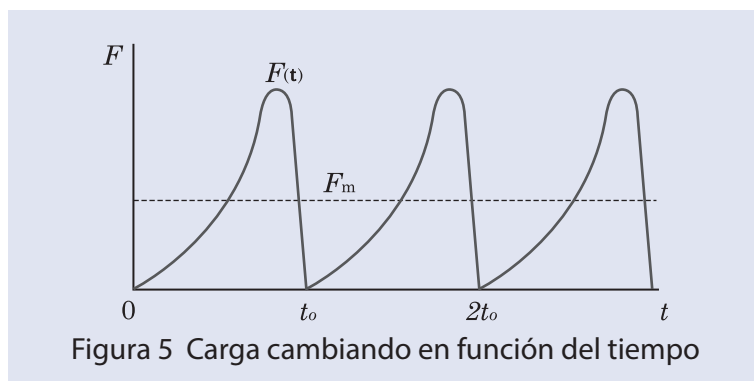


Figura 5 Carga cambiando en función del tiempo

(3) Carga aproximadamente lineal

La carga media F_m se obtiene aproximadamente mediante la fórmula (2.12).

$$F_m = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3} \dots \dots \dots (2.12)$$

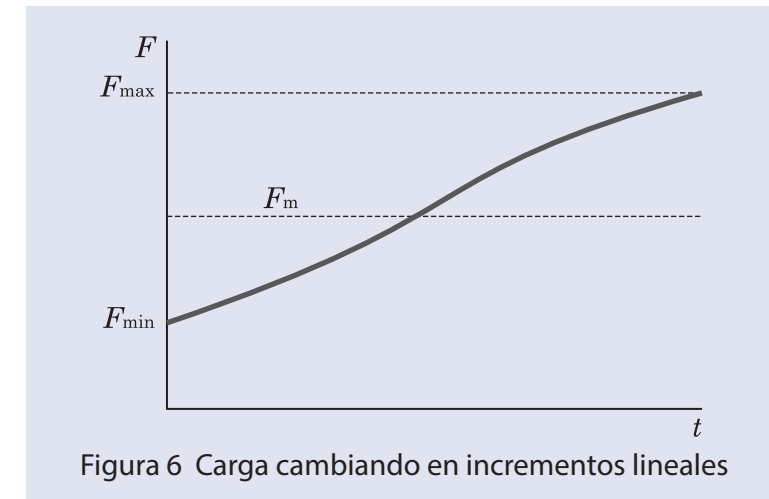


Figura 6 Carga cambiando en incrementos lineales

(4) Carga fluctuante sinusoidal

La carga media F_m se obtiene aproximadamente mediante la fórmula (2.13) y la fórmula (2.14).

$$(a): F_m = 0.75 F_{max} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$(b): F_m = 0.65 F_{max} \dots \dots \dots (2.14)$$

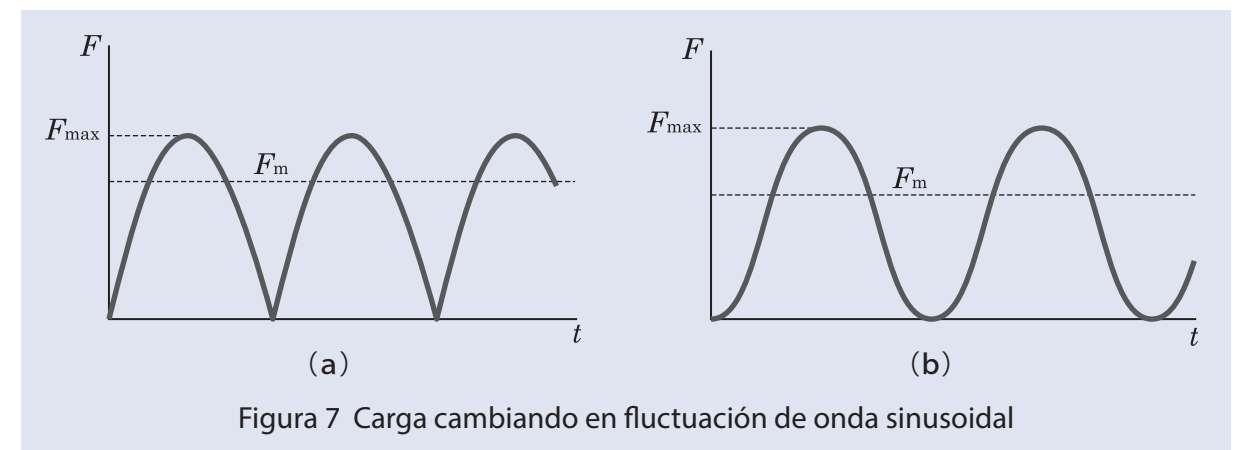


Figura 7 Carga cambiando en fluctuación de onda sinusoidal

3 Precisión de rodamiento

3-1 Precisión

La precisión de dimensiones, precisión geométrica, y precisión de rotación del rodamiento se especifican en las normas ISO y JIS B 1514 (Rodamientos de rodillos – Tolerancias de rodamientos).

La clase de precisión del rodamiento de agujas se especifica mediante cuatro clases desde la más baja 0 a 6.^a, 5.^a y 4.^a, que es la más alta. Aunque el rodamiento de alta precisión de la clase 5.^a o 4.^a puede utilizarse en aplicaciones que exijan gran precisión o alta velocidad de rotación, la clase 0 es la más utilizada para aplicaciones generales.

Tabla 8 Precisión del anillo interior

Unidad: μm

d Diámetro interior nomi- nal del roda- miento (mm)	Δ_{dmp} Desviación de diámetro interior medio en un plano único								V_{dsp} Variación de diámetro interior en un plano único				V_{dmp} Variación del diámetro interior medio en un plano único				K_{ia} Descentramiento radial del anillo interior del rodamiento ensamblado				S_d Descentramiento de la cara de referencia con diámetro interior (anillo interior)		Δ_{Bs} Desviación de anchura de anillo interior único				V_{Bs} Variación de anchura de anillo interior				d Diámetro interior nomi- nal del roda- miento (mm)
	0		6		5		4		0		6		5		4		0		6		5		4		0		6		5		
Más de Incl.	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	máx.				máx.				máx.				máx.		alta	baja	alta	baja	máx.				Más de Incl.
2.5 ¹⁾ 10	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5	4	6	5	3	2	10	6	4	2.5	7	3	0	-120	0	-40	15	15	5	2.5	2.5 ¹⁾ 10
10 18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5	4	6	5	3	2	10	7	4	2.5	7	3	0	-120	0	-80	20	20	5	2.5	10 18
18 30	0	-10	0	-8	0	-6	0	-5	13	10	6	5	8	6	3	2.5	13	8	4	3	8	4	0	-120	0	-120	20	20	5	2.5	18 30
30 50	0	-12	0	-10	0	-8	0	-6	15	13	8	6	9	8	4	3	15	10	5	4	8	4	0	-120	0	-120	20	20	5	3	30 50
50 80	0	-15	0	-12	0	-9	0	-7	19	15	9	7	11	9	5	3.5	20	10	5	4	8	5	0	-150	0	-150	25	25	6	4	50 80
80 120	0	-20	0	-15	0	-10	0	-8	25	19	10	8	15	11	5	4	25	13	6	5	9	5	0	-200	0	-200	25	25	7	4	80 120
120 150	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	31	23	13	10	19	14	7	5	30	18	8	6	10	6	0	-250	0	-250	30	30	8	5	120 150
150 180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	31	23	13	10	19	14	7	5	30	18	8	6	10	6	0	-250	0	-250	30	30	8	5	150 180
180 250	0	-30	0	-22	0	-15	0	-12	38	28	15	12	23	17	8	6	40	20	10	8	11	7	0	-300	0	-300	30	30	10	6	180 250
250 315	0	-35	0	-25	0	-18	—	—	44	31	18	—	26	19	9	—	50	25	13	—	13	—	0	-350	0	-350	35	35	13	—	250 315

* 1) En este grupo de dimensiones se incluye 2,5 mm

Tabla 9 Precisión del anillo exterior

Unidad: μm

D Diámetro exterior nomi- nal del roda- miento (mm)	Δ_{Dmp} Desviación de diámetro exterior medio en un plano único								V_{Dsp} Variación de diámetro exterior en un plano único				V_{Dmp} Variación de diámetro exterior medio en un plano único				K_{ea} Descentramiento radial del anillo exterior del rodamiento ensamblado				S_D Variación de la inclinación de la generatriz de la superficie exterior con respecto a la cara (anillo exterior)		Δ_{Cs} Desviación de anchura de anillo exterior único				V_{Cs} Variación de anchura de anillo exterior				D Diámetro exterior nomi- nal del roda- miento (mm)
	0		6		5		4		0		6		5		4		0		6		5		4		0		6		5		
Más de Incl.	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	máx.				máx.				máx.				máx.		alta	baja	máx.				Más de Incl.		
2.5 ²⁾ 6	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5	4	6	5	3	2	15	8	5	3	8	4	Dependiendo de la tolerancia de Δ_{Bs} para D del mismo rodamiento, Dependiendo de la tolerancia de V_{Bs} para D del mismo rodamiento,	5	2.5	2.5 ²⁾	6				
6 18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5	4	6	5	3	2	15	8	5	3	8	4						5	2.5	6	18
18 30	0	-9	0	-8	0	-6	0	-5	12	10	6	5	7	6	3	2.5	15	9	6	4	8	4						5	2.5	18	30
30 50	0	-11	0	-9	0	-7	0	-6	14	11	7	6	8	7	4	3	20	10	7	5	8	4						5	2.5	30	50
50 80	0	-13	0	-11	0	-9	0	-7	16	14	9	7	10	8	5	3.5	25	13	8	5	8	4						6	3	50	80
80 120	0	-15	0	-13	0	-10	0	-8	19	16	10	8	11	10	5	4	35	18	10	6	9	5						8	4	80	120
120 150	0	-18	0	-15	0	-11	0	-9	23	19	11	9	14	11	6	5	40	20	11	7	10	5						8	5	120	150
150 180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	31	23	13	10	19	14	7	5	45	23	13	8	10	5						8	5	150	180
180 250	0	-30	0	-20	0	-15	0	-11	38	25	15	11	23	15	8	6	50	25	15	10	11	7						10	7	180	250
250 315	0	-35	0	-25	0	-18	0	-13	44	31	18	13	26	19	9	7	60	30	18	11	13	8						11	7	250	315

* 2) En este grupo de dimensiones se incluye 2,5 mm

Tabla 10 Tolerancia permisiva del bisel

Unidad: mm

$r_{s \text{ min}}$	d Diámetro interior nominal del rodamiento		Dirección radial	Dirección axial
	Más de	Incl.		
0.15	—	—	0.3	0.6
0.2	—	—	0.5	0.8
0.3	— 40	40 —	0.6 0.8	1 1
0.6	— 40	40 —	1 1.3	2 2
1	— 50	50 —	1.5 1.9	3 3
1.1	— 120	120 —	2 2.5	3.5 4
1.5	— 120	120 —	2.3 3	4 5
2	— 80 220	80 220 —	3 3.5 3.8	4.5 5 6
2.1	— 280	280 —	4 4.5	6.5 7
2.5	— 100 280	100 280 —	3.8 4.5 5	6 6 7
3	— 280	280 —	5 5.5	8 8
4	—	—	6.5	9

* Observación Aunque no se especifica forma particular para la superficie del bisel, su contorno en el plano axial deberá estar dentro del arco virtual de radio $r_{s \text{ min}}$ que está tangente a la pendiente de la cara del anillo interior y el anillo exterior del rodamiento, o tangente al lado del anillo exterior y el diámetro exterior del rodamiento. (Diagrama de referencia)

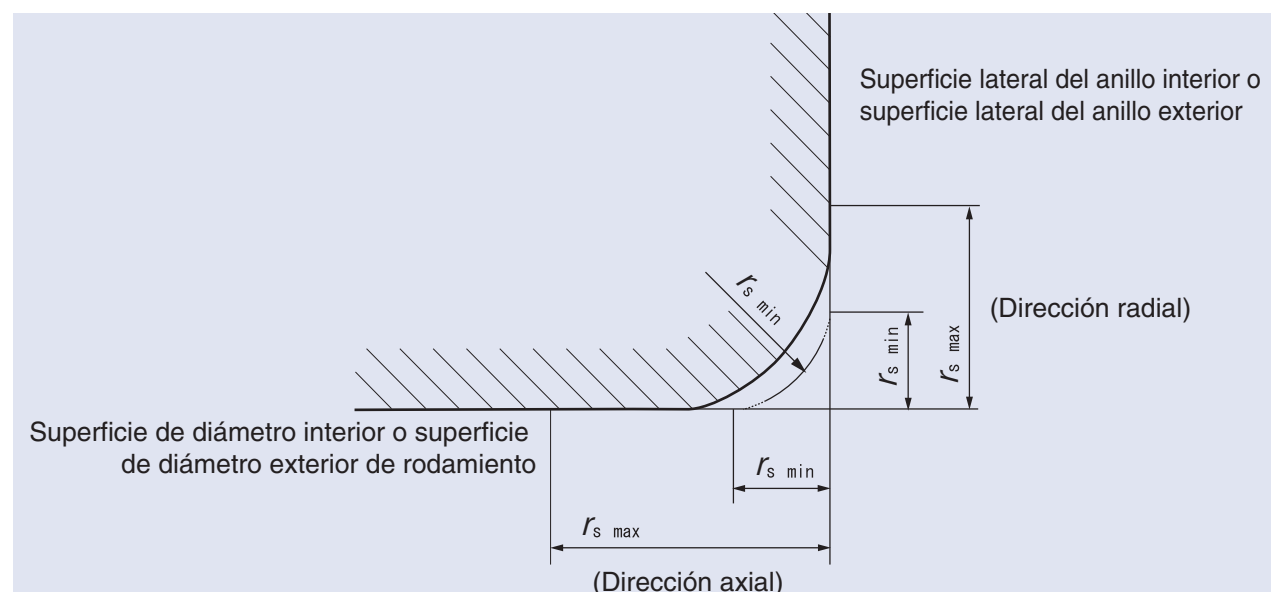


Tabla 11 Tolerancia del valor mínimo del diámetro del círculo inscrito en el rodillo

Unidad: μm

F_w (mm) Diámetro del círculo inscrito		Diferencia de dimensiones de $\Delta F_w \text{ min}$ Variación del valor mínimo del diámetro del círculo inscrito en el rodillo	
Más de	Incl.	alta	baja
3	6	+18	+10
6	10	+22	+13
10	18	+27	+16
18	30	+33	+20
30	50	+41	+25
50	80	+49	+30
80	120	+58	+36
120	180	+68	+43
180	250	+79	+50
250	315	+88	+56

* Esto significa diámetro del rodillo cuyo juego radial pasa a ser cero en una dirección radial por lo menos en caso de utilizar rodillo cilíndrico en vez de anillo interior de rodamiento.

3-2 Método de medición

Medición de diámetro interior único

Tabla 12 Diámetro interior del rodamiento

Tipo y definición de precisión	
d_{mp} Diámetro interior medio en un plano único	Media aritmética del valor máximo y mínimo de diámetros interiores únicos en plano radial único. $d_{mp} = \frac{d_{sp\ max} + d_{sp\ min}}{2}$ d_{sp} : Diámetro interior único en un plano radial particular.
Δ_{dmp} Desviación de diámetro interior medio en un plano único	Diferencia entre el diámetro interior medio y el diámetro interior nominal. $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$ d : Diámetro interior nominal del rodamiento.
V_{dsp} Variación del diámetro interior único en un plano único	Diferencia entre el valor máximo y mínimo de diámetro interior único en plano radial único. $V_{dsp} = d_{sp\ max} - d_{sp\ min}$
V_{dmp} Variación del diámetro interior medio en un plano único	Diferencia entre el valor máximo y mínimo del diámetro interior medio en plano radial único en anillo de rodadura individual con cara de diámetro interior básicamente cilíndrica. $V_{dmp} = d_{mp\ max} - d_{mp\ min}$
Δ_{ds} Desviación de diámetro interior único	Diferencia entre el diámetro interior único y el diámetro interior nominal. $\Delta_{ds} = d_s - d$ d_s : Distancia entre dos líneas paralelas que están tangentes a la línea de intersección de la cara del diámetro interior real y el plano radial.

Método de medición del diámetro interior del rodamiento

Ponga a cero el indicador del calibrador al tamaño apropiado utilizando bloques de calibrador o un anillo patrón. En varias direcciones angulares y en un plano radial único, mida y anote los diámetros interiores más grande y más pequeño, $d_{sp\ max}$ y $d_{sp\ min}$.

Repita las mediciones y anotaciones angulares en varios planos radiales para determinar el diámetro interior único más grande y más pequeño de un anillo individual, $d_{s\ max}$ y $d_{s\ min}$.

Tabla 13 Límite de área de medición Unidad: mm

$r_{s\ min}$		a
Más de	Incl.	
-	0.6	$r_{s\ max} + 0.5$
0.6	-	$1.2 \times r_{s\ max}$

Medición de diámetro exterior único

Tabla 14 Diámetro exterior del rodamiento

Tipo y definición de precisión	
D_{mp} Diámetro exterior medio en un plano único	Media aritmética del valor máximo y mínimo de diámetros exteriores únicos en plano radial único. $D_{mp} = \frac{D_{sp\ max} + D_{sp\ min}}{2}$ D_{sp} : Diámetro exterior único en un plano radial particular
Δ_{Dmp} Desviación de diámetro exterior medio en un plano único	Diferencia entre el diámetro exterior medio en un plano único de la cara del diámetro exterior cilíndrica y diámetro exterior nominal. $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$ D : Diámetro exterior nominal del rodamiento.
V_{Dsp} Desviación de diámetro exterior único	Diferencia entre el valor máximo y mínimo del diámetro exterior medio en plano radial único. $V_{Dsp} = D_{sp\ max} - D_{sp\ min}$
V_{Dmp} Variación de diámetro exterior medio en un plano único	Diferencia entre el valor máximo y mínimo del diámetro exterior medio en plano radial único en anillo de rodadura individual con cara de diámetro exterior básicamente cilíndrica. $V_{Dmp} = D_{mp\ max} - D_{mp\ min}$
Δ_{Ds} Desviación de diámetro exterior único	Diferencia entre el diámetro exterior único en cara de diámetro exterior básicamente cilíndrica y diámetro exterior nominal. $\Delta_{Ds} = D_s - D$ D_s : Distancia entre dos líneas paralelas que están tangentes a la línea de intersección de la cara del diámetro exterior real y el plano radial.

Método de medición del diámetro exterior del rodamiento

Ponga a cero el indicador del calibrador al tamaño apropiado utilizando bloques de calibrador o un anillo patrón.

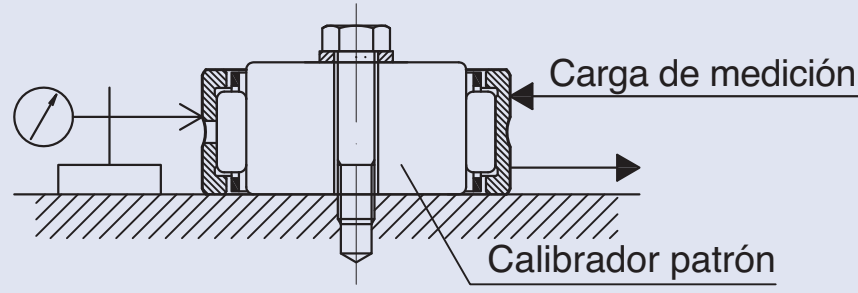
En varias direcciones angulares y en un plano radial único, mida y anote los diámetros interiores más grande y más pequeño, $D_{sp\ max}$ y $D_{sp\ min}$.

Repita las mediciones y anotaciones angulares en varios planos radiales para determinar el diámetro interior único más grande y más pequeño de un anillo individual, $D_{s\ max}$ y $D_{s\ min}$.

Medición de diámetro interior único del complemento del elemento rodante

Tabla 15 Medición de diámetro interior único del complemento del elemento rodante

Tipo y definición de precisión	
F_{ws} Diámetro interior nominal del complemento del elemento rodante	Distancia entre dos líneas paralelas que están tangentes a la línea de intersección del círculo inscrito del complemento del elemento rodante y el plano radial en rodamiento radial sin anillo interior.
$F_{ws\ min}$ Diámetro interior nominal mínimo del complemento del elemento rodante	Diámetro interior nominal mínimo del complemento del elemento rodante en rodamiento radial sin anillo interior. * El diámetro interior nominal mínimo del complemento del elemento rodante es el diámetro del cilindro cuyo juego radial pasa a ser cero en una dirección radial por lo menos.



Medición de diámetro interior único del complemento del elemento rodante

Fije el calibrador patrón en una placa de superficie.

Coloque el rodamiento sobre el calibrador patrón y aplique el indicador en la dirección radial a aproximadamente el centro de la anchura de la superficie exterior del anillo.

Mida el valor de movimiento del anillo exterior en dirección radial aplicando carga suficiente sobre el anillo exterior en la misma dirección radial que la del indicador y en la dirección radial opuesta.

Anote las indicaciones del indicador en las posiciones radiales extremas del anillo exterior. Gire el rodamiento y repita la medición en varias posiciones angulares diferentes para determinar las lecturas más grande y más pequeña, $F_{ws\ max}$ y $F_{ws\ min}$.

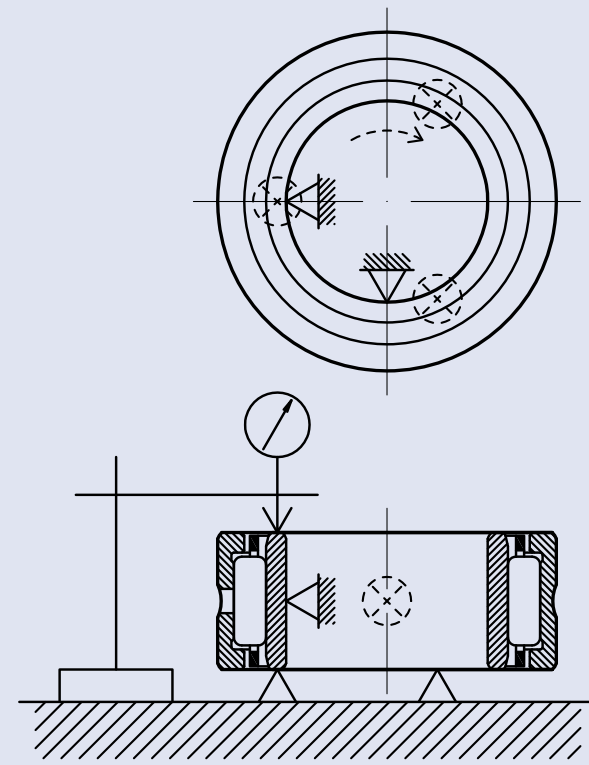
Tabla 16 Carga de medición radial

F_w (mm)		Carga de medición (N)
Más de	Incl.	mín.
—	30	50
30	50	60
50	80	70
80	—	80

Medición de anchura de anillo interior único (o anchura de anillo exterior)

Tabla 17 Medición de anchura de anillo interior único (o anchura de anillo exterior)

Tipo y definición de precisión	
Δ_{Bs} Desviación de anchura de anillo interior único	Diferencia entre la anchura de anillo interior único y la anchura de anillo interior nominal. $\Delta_{Bs} = B_s - B$
V_{Bs} Variación de anchura de anillo interior	Diferencia entre el valor máximo y mínimo de la anchura del diámetro interior único en cada anillo interior. $V_{Bs} = B_{s\ max} - B_{s\ min}$
Δ_{Cs} Desviación de anchura de anillo exterior único	Diferencia entre la anchura de anillo exterior único y la anchura de anillo exterior nominal $\Delta_{Cs} = C_s - C$
V_{Cs} Variación de anchura de anillo exterior	Diferencia entre el valor máximo y mínimo de la anchura del anillo único en cada anillo exterior. $V_{Cs} = C_{s\ max} - C_{s\ min}$



Medición de anchura de anillo interior único (o anchura de anillo exterior)

Ponga a cero el indicador del calibrador a la altura apropiada desde la superficie de referencia utilizando bloques de calibrador o un patrón.

Sujete una cara del anillo sobre tres soportes fijos igualmente distanciados de la misma altura, y coloque dos soportes radiales apropiados en la superficie interior situados a 90° entre sí con respecto al centro del anillo.

Coloque el indicador contra la otra cara del anillo opuesta a la fijada al soporte.

Gire el anillo una vuelta, y mida y anote la anchura de anillo único más grande y más pequeña, $B_{s\ max}$ y $B_{s\ min}$ ($C_{s\ max}$ y $C_{s\ min}$).

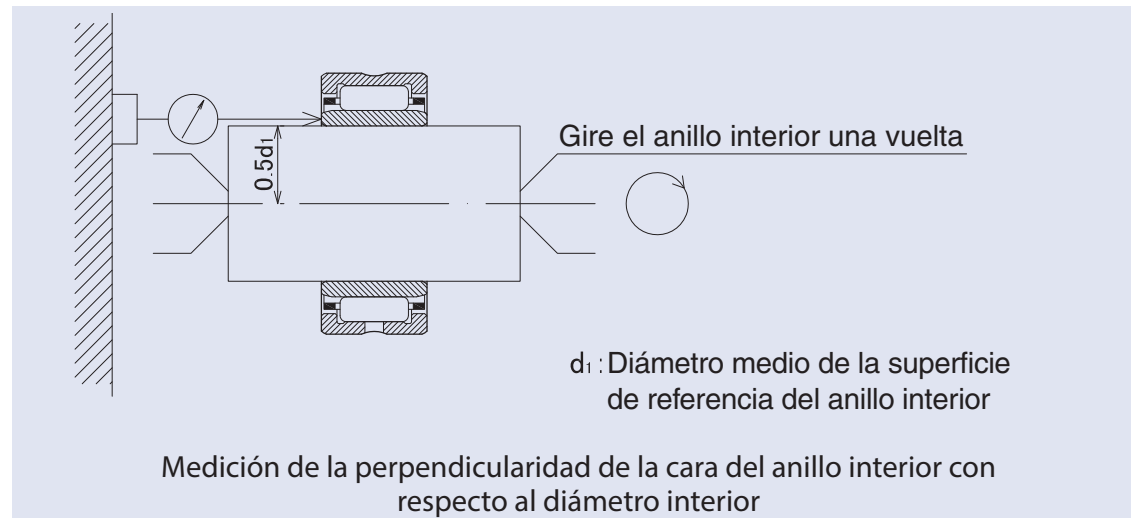
Medición de la perpendicularidad de la cara del anillo interior con respecto al diámetro interior (S_d)

Utilice un mandril de precisión que posea una conicidad de aproximadamente 1:5000 en diámetro.

Monte el conjunto del rodamiento en el mandril cónico y coloque el mandril entre dos puntos de forma que pueda girarse con precisión.

Coloque el indicador contra la cara de referencia del anillo interior a una distancia radial del eje del mandril de la mitad del diámetro medio de la cara.

Tome lecturas del indicador mientras gire el anillo interior una vuelta.

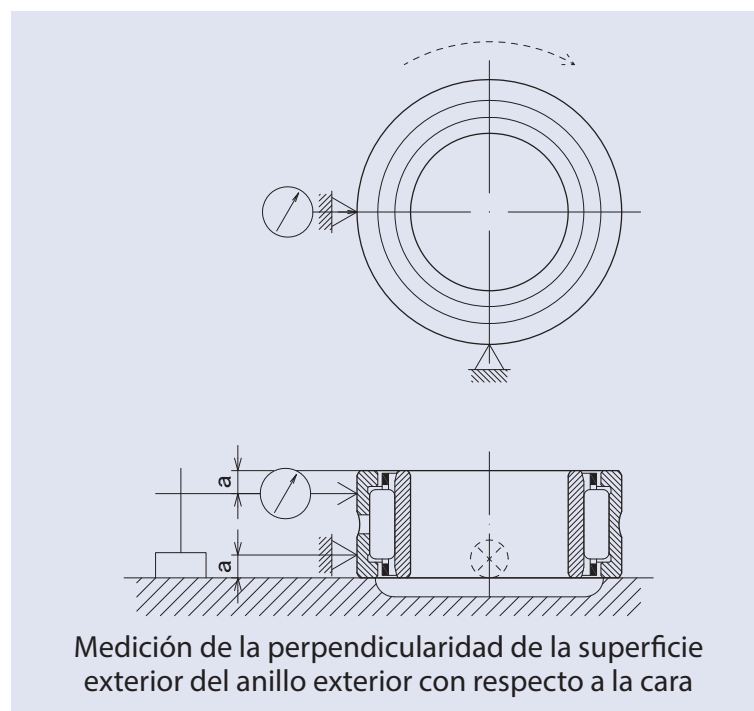


Medición de la perpendicularidad de la superficie exterior del anillo exterior con respecto a la cara (S_b)

Sujete la carta de referencia del anillo exterior sobre una placa de superficie dejando el anillo interior, si es un rodamiento ensamblado, libre. Coloque la superficie exterior cilíndrica del anillo exterior contra dos soportes situados a 90° entre sí con respecto al centro del anillo exterior.

Coloque el indicador directamente sobre un soporte. El indicador y los dos soportes están axialmente ubicados en los extremos de la zona de medición.

Tome lecturas del indicador mientras gire el anillo exterior una vuelta.



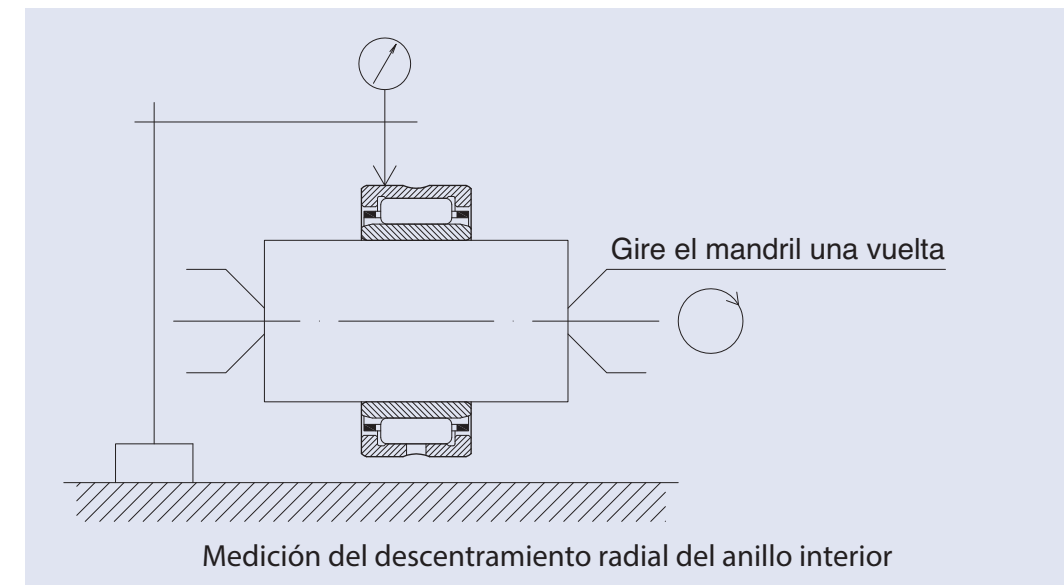
Medición del descentramiento radial del anillo interior (K_{ia})

Utilice un mandril de precisión que posea una conicidad de aproximadamente 1:5000 en diámetro.

Monte el conjunto del rodamiento en el mandril cónico y coloque el mandril entre dos puntos de forma que pueda girarse con precisión.

Coloque el indicador contra la superficie exterior del anillo exterior lo más cerca posible del centro de la pista de rodadura.

Sujete el anillo exterior para evitar que gire pero cerciórese de que su peso esté soportado por los elementos rodantes. Tome lecturas del indicador mientras gire el mandril una vuelta.



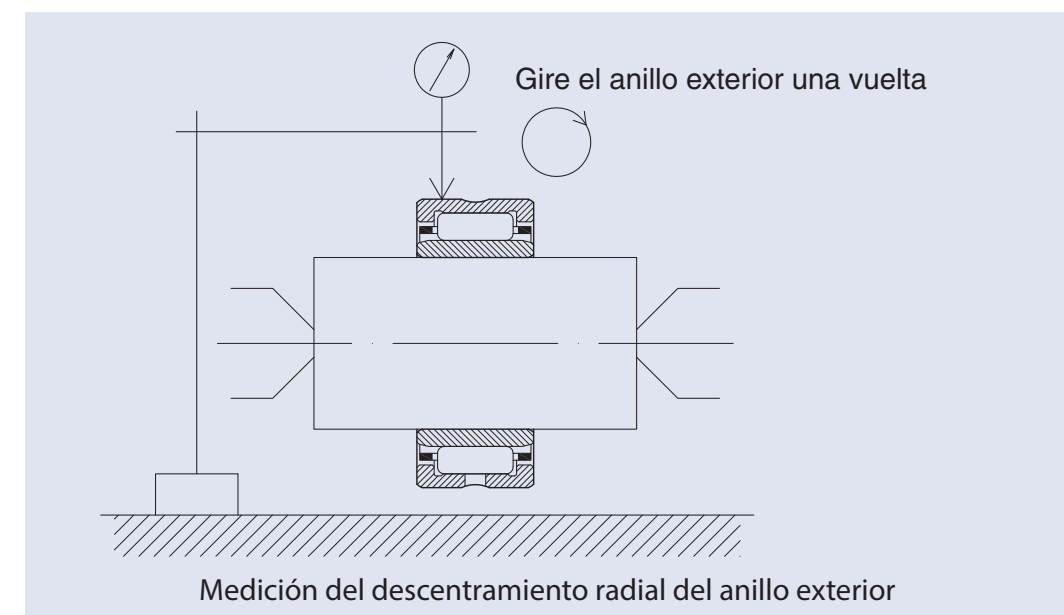
Medición del descentramiento radial del anillo exterior (K_{ea})

Utilice un mandril de precisión que posea una conicidad de aproximadamente 1:5000 en diámetro.

Monte el conjunto del rodamiento en el mandril cónico y coloque el mandril entre dos puntos de forma que pueda girarse con precisión.

Coloque el indicador contra la superficie exterior del anillo exterior lo más cerca posible del centro de la pista de rodadura.

Sujete el anillo interior estacionario. Tome lecturas del indicador mientras gire el anillo exterior una vuelta.



4 Juego interno del rodamiento

4-1 Juego radial interno del rodamiento

Juego radial interno del rodamiento significa un desplazamiento del anillo interno o del anillo externo, el lado que esté libre, cuando se le aplica alternativamente la carga de medición especificada en dirección radial mientras se bloquea el componente opuesto en la condición anterior al montaje del rodamiento en el eje o alojamiento. Estas cargas de medición son bastante pequeñas se especifican en JIS B 1515:2006 (Rodamientos de rodillos – Tolerancias). El juego radial interno del rodamiento de agujas con anillo interior se especifica en JIS B 1520:1995 (juego radial interno de rodamientos). Los juegos mostrados en la Tabla 18 se categorizan en los grupos C2, CN, C3, C4, C5 comenzando desde el juego más pequeño, y el grupo CN se utiliza en aplicaciones generales.

■ Juego radial interno del rodamiento

Tabla 18 Juego interno del rodamiento radial

Categoría	Descripción
C2	Juego radial inferior al juego estándar
Juego CN	Juego radial estándar
C3, C4, C5	Juego radial superior al juego estándar

Tabla 19 Valor de juego radial interno del rodamiento de agujas Unidad: μm

d Diámetro interior nominal del rodamiento (mm)		Categoría de juego									
		C2		CN		C3		C4		C5	
Más de	Incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
-	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

* Los números nominales C2, C3, C4 se muestran como sufijo del código de pieza para estos rodamientos (excluyendo el juego CN). Ejemplo) NA 4903 C2

4-2 Selección de juego radial interno del rodamiento

Selección de juego

El juego radial interno del rodamiento de agujas en operación puede ser en general inferior al juego radial interno inicial. La diferencia de temperatura entre el anillo interior y el anillo exterior durante la operación y el ajuste causan este cambio. El juego radial interno tiene un impacto significativo en la duración, la vibración, y la generación de calor del rodamiento.

Típicamente, un juego radial interno mayor aumenta la vibración y uno menor resulta en generación de calor o reducción de la vida útil debido a fuerza excesiva entre el elemento rodante y la pista de rodadura. El juego radial interno puede seleccionarse como ligeramente superior a juego cero teniendo en cuenta el juego interno durante la operación. El rodamiento se diseña para que tenga el juego radial adecuado seleccionado juego CN para aplicaciones generales.

Reducción del juego radial interno debido a ajustes

Cuando el rodamiento se instala en un eje o alojamiento, el juego radial interno se reduce debido a la expansión o contracción de la pista con la deformación elástica.

Reducción del juego radial debido a la diferencia de temperatura entre el anillo interior y el anillo exterior

El calor de fricción generado por la rotación del rodamiento se liberará al exterior a través del eje y/o alojamiento. En aplicaciones generales, el juego radial interno puede reducirse tanto como la diferencia de cantidad de expansión térmica entre el anillo interior y exterior ya que el anillo exterior se enfría más que el interior debido a la mayor liberación de calor desde el alojamiento que desde el eje.

5 Ajustes

5-1 Finalidad de los ajustes

La finalidad de los "ajustes" para un rodamiento es fijar un rodamiento con suficiente "interferencia" entre el anillo interior y el eje o entre el anillo exterior y el alojamiento. Los "ajustes" insuficientes pueden causar fenómenos perjudiciales que resulten en daño del rodamiento o acortamiento de su vida útil como desgaste anormal en la superficie de ajuste, calor anormal por polvo abrasivo, rotación anormal, y vibración debido al deslizamiento de la superficie de ajuste. Por lo tanto, es de gran importancia seleccionar los ajustes apropiados para la aplicación.

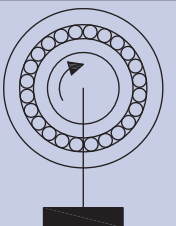
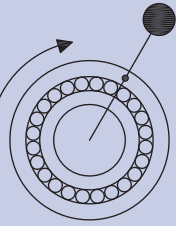
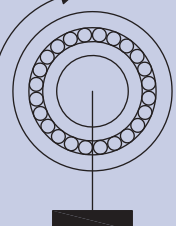
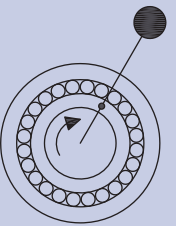
5-2 Selección de ajustes

Condición para la selección de ajustes

Para la selección de "ajustes" del rodamiento será necesario tener en cuenta los puntos siguientes. Propiedades y tamaño de la carga en la aplicación, condición de temperatura, precisión de rotación, material, acabado, grosor de la pared del eje y el alojamiento, y facilidad de montaje/desmontaje.

Los "ajustes" mostrados en la Tabla 20 normalmente se determinan basándose en las propiedades de la carga y la condición de rotación.

Tabla 20 Propiedades de la carga radial y ajustes

Propiedades de la carga del rodamiento		Ajustes		
		Anillo interior	Anillo exterior	
Carga con anillo interior giratorio Carga con anillo exterior estacionario		Anillo interior: rotación Anillo exterior: estacionario Dirección de carga: constante	Ajuste apretado	Ajuste flojo
		Anillo interior: estacionario Anillo exterior: rotación Dirección de carga: rotación junto con el anillo exterior		
Carga con anillo exterior giratorio Carga con anillo interior estacionario		Anillo interior: estacionario Anillo exterior: rotación Dirección de carga: constante	Ajuste flojo	Ajuste apretado
		Anillo interior: rotación Anillo exterior: estacionario Dirección de carga: rotación junto con el anillo interior		
Carga en dirección inconsistente	La dirección de la carga es inconsistente debido a dirección de carga variable o inclusión de carga desequilibrada	Anillo interior: rotación o estacionario Anillo exterior: rotación o estacionario Dirección de carga: inconsistente	Ajuste apretado	Ajuste apretado

Selección de ajustes

Para la selección de "ajustes" como se ha indicado arriba, es necesario tener en cuenta la condición de temperatura, y material del eje y alojamiento además de las propiedades de la carga y la condición de rotación. No obstante, es de práctica común determinar los "ajustes" basándose en la experiencia y registros pasados debido a la dificultad en reconocer todas las condiciones. En la Tabla 21 y la Tabla 22 se muestran "ajustes" para aplicaciones generales, y en la Tabla 23 se muestran "ajustes" para rodamiento de agujas sin anillo interior contra eje.

Tabla 21 Ajustes entre el rodamiento de agujas y el orificio del alojamiento

Condiciones		Grado de tolerancia para alojamiento
Carga con anillo exterior estacionario	Carga estándar y pesada	J7
	Alojamiento dividido con carga estándar	H7
Carga en dirección inconsistente	Carga ligera	J7
	Carga estándar	K7
	Carga pesada y carga de impacto	M7
Carga con anillo exterior giratorio	Carga ligera	M7
	Carga estándar	N7
	Carga pesada y carga de impacto	P7
Carga ligera y precisión de rotación alta		K6

Tabla 22 Ajustes entre el rodamiento de agujas con anillo interior y eje

Condiciones		Diámetro del eje (mm)		Grado de tolerancia
		Más de	Incl.	
Carga con anillo interior giratorio o carga en dirección inconsistente	Carga ligera	—	50	j5
		50	100	k5
	Carga estándar	50	150	m5·m6
		150	—	m6·n6
Carga con anillo interior estacionario	Carga pesada y carga de impacto	—	150	m6·n6
		150	—	n6·p6
	Velocidad media a baja, carga ligera	Todas las dimensiones		g6
Velocidad media a baja, carga estándar o carga pesada			h6	
Con precisión de rotación exacta			h5	

* Carga ligera $P_r \leq 0.06C_r$, Carga estándar $0.06C_r < P_r \leq 0.12C_r$, Carga pesada $P_r > 0.12C_r$,
P_r: Carga radial dinámica equivalente C_r: Capacidad de carga dinámica básica

Tabla 23 Ajustes entre el rodamiento de agujas sin anillo interior ni eje

Diámetro nominal del círculo inscrito F _w (mm)		Juego radial interno		
		Juego menor que el juego CN	Juego CN	Juego mayor que el juego CN
Más de	Incl.	Grado de grupo de tolerancia para eje		
—	65	k5	h5	g6
65	80	k5	h5	f6
80	160	k5	g5	f6
160	180	k5	g5	e6
180	200	j5	g5	e6
200	250	j5	f6	e6
250	315	h5	f6	e6

* El ajuste apretado con orificio de alojamiento inferior a k7 deberá modificarse con tamaño de eje inferior teniendo en cuenta la contracción del diámetro del círculo inscrito del rodillo después del montaje.

5-3 Tabla para ajustes de eje y alojamiento

Tabla 24 Tolerancias para ejes

Unidad: μm

Diámetro interior nominal del rodamiento y diámetro nominal del eje d (mm)		Grado de tolerancia para eje																												Diámetro interior nominal del rodamiento y diámetro nominal del eje d (mm)																															
		b12		c12		d6		e6		e7		f5		f6		g5		g6		h5		h6		h7		h8		h9				h10		h11		h12		js5		j5		js6		j6		j7		k5		k6		m5		m6		n5		n6		p6	
Más de	Incl.	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	Más de	Incl.												
—	3	-140	-240	-60	-160	-20	-26	-14	-20	-14	-24	-6	-10	-6	-12	-2	-6	-2	-8	0	-4	0	-6	0	-10	0	-14	0	-25	0	-40	0	-60	0	-100	+2	-2	+2	-2	+3	-3	+4	-2	+6	-4	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4	+10	+4	+12	+6	—	3
3	6	-140	-260	-70	-190	-30	-38	-20	-28	-20	-32	-10	-15	-10	-18	-4	-9	-4	-12	0	-5	0	-8	0	-12	0	-18	0	-30	0	-48	0	-75	0	-120	+2.5	-2.5	+3	-2	+4	-4	+6	-2	+8	-4	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8	+16	+8	+20	+12	3	6
6	10	-150	-300	-80	-230	-40	-49	-25	-34	-25	-40	-13	-19	-13	-22	-5	-11	-5	-14	0	-6	0	-9	0	-15	0	-22	0	-36	0	-58	0	-90	0	-150	+3	-3	+4	-2	+4.5	-4.5	+7	-2	+10	-5	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10	+19	+10	+24	+15	6	10
10	18	-150	-330	-95	-275	-50	-61	-32	-43	-32	-50	-16	-24	-16	-27	-6	-14	-6	-17	0	-8	0	-11	0	-18	0	-27	0	-43	0	-70	0	-110	0	-180	+4	-4	+5	-3	+5.5	-5.5	+8	-3	+12	-6	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12	+23	+12	+29	+18	10	18
18	30	-160	-370	-110	-320	-65	-78	-40	-53	-40	-61	-20	-29	-20	-33	-7	-16	-7	-20	0	-9	0	-13	0	-21	0	-33	0	-52	0	-84	0	-130	0	-210	+4.5	-4.5	+5	-4	+6.5	-6.5	+9	-4	+13	-8	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15	+28	+15	+35	+22	18	30
30	40	-170	-420	-120	-370	-80	-96	-50	-66	-50	-75	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-11	0	-16	0	-25	0	-39	0	-62	0	-100	0	-160	0	-250	+5.5	-5.5	+6	-5	+8	-8	+11	-5	+15	-10	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17	+33	+17	+42	+26	30	40
40	50	-180	-430	-130	-380	-80	-96	-50	-66	-50	-75	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-11	0	-16	0	-25	0	-39	0	-62	0	-100	0	-160	0	-250	+5.5	-5.5	+6	-5	+8	-8	+11	-5	+15	-10	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17	+33	+17	+42	+26	40	50
50	65	-190	-490	-140	-440	-100	-119	-60	-79	-60	-90	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-13	0	-19	0	-30	0	-46	0	-74	0	-120	0	-190	0	-300	+6.5	-6.5	+6	-7	+9.5	-9.5	+12	-7	+18	-12	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20	+39	+20	+51	+32	50	65
65	80	-200	-500	-150	-450	-100	-119	-60	-79	-60	-90	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-13	0	-19	0	-30	0	-46	0	-74	0	-120	0	-190	0	-300	+6.5	-6.5	+6	-7	+9.5	-9.5	+12	-7	+18	-12	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20	+39	+20	+51	+32	65	80
80	100	-220	-570	-170	-520	-120	-142	-72	-94	-72	-107	-36	-51	-36	-58	-12	-27	-12	-34	0	-15	0	-22	0	-35	0	-54	0	-87	0	-140	0	-220	0	-350	+7.5	-7.5	+6	-9	+11	-11	+13	-9	+20	-15	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23	+45	+23	+59	+37	80	100
100	120	-240	-590	-180	-530	-120	-142	-72	-94	-72	-107	-36	-51	-36	-58	-12	-27	-12	-34	0	-15	0	-22	0	-35	0	-54	0	-87	0	-140	0	-220	0	-350	+7.5	-7.5	+6	-9	+11	-11	+13	-9	+20	-15	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23	+45	+23	+59	+37	100	120
120	140	-260	-660	-200	-600	-145	-170	-85	-110	-85	-125	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	0	-25	0	-40	0	-63	0	-100	0	-160	0	-250	0	-400	+9	-9	+7	-11	+12.5	-12.5	+14	-11	+22	-18	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	+52	+27	+68	+43	120	140
140	160	-280	-680	-210	-610	-145	-170	-85	-110	-85	-125	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	0	-25	0	-40	0	-63	0	-100	0	-160	0	-250	0	-400	+9	-9	+7	-11	+12.5	-12.5	+14	-11	+22	-18	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	+52	+27	+68	+43	140	160
160	180	-310	-710	-230	-630	-145	-170	-85	-110	-85	-125	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	0	-25	0	-40	0	-63	0	-100	0	-160	0	-250	0	-400	+9	-9	+7	-11	+12.5	-12.5	+14	-11	+22	-18	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	+52	+27	+68	+43	160	180
180	200	-340	-800	-240	-700	-170	-199	-100	-129	-100	-146	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	0	-29	0	-46	0	-72	0	-115	0	-185	0	-290	0	-460	+10	-10	+7	-13	+14.5	-14.5	+16	-13	+25	-21	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	+60	+31	+79	+50	180	200
200	225	-380	-840	-260	-720	-170	-199	-100	-129	-100	-146	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	0	-29	0	-46	0	-72	0	-115	0	-185	0	-290	0	-460	+10	-10	+7	-13	+14.5	-14.5	+16	-13	+25	-21	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	+60	+31	+79	+50	200	225
225	250	-420	-880	-280	-740	-170	-199	-100	-129	-100	-146	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	0	-29	0	-46	0	-72	0	-115	0	-185	0	-290	0	-460	+10	-10	+7	-13	+14.5	-14.5	+16	-13	+25	-21	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	+60	+31	+79	+50	225	250
250	280	-480	-1000	-300	-820	-190	-222	-110	-142	-110	-162	-56	-79	-56	-88	-17	-40	-17	-49	0	-23	0	-32	0	-52	0	-81	0	-130	0	-210	0	-320	0	-520	+11.5	-11.5	+7	-16	+16	-16	+16	-16	+26	-26	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34	+66	+34	+88	+56	250	280
280	315	-540	-1060	-330	-850	-190	-222	-110	-142	-110	-162	-56	-79	-56	-88	-17	-40	-17	-49	0	-23	0	-32	0	-52	0	-81	0	-130	0	-210	0	-320	0	-520	+11.5	-11.5	+7	-16	+16	-16	+16	-16	+26	-26	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34	+66	+34	+88	+56	280	315

Tabla 25 Tolerancias para agujeros

Unidad: μm

Diámetro exterior nominal del rodamiento y diámetro nominal del orificio D(mm)		Grado de tolerancia para agujero																												Diámetro exterior nominal del rodamiento y diámetro nominal del orificio D(mm)																															
		B12		E7		E8		E9		F6		F7		G6		G7		H6		H7		H8		H9		H10		H11				JS6		J6		JS7		J7		K5		K6		K7		M6		M7		N6		N7		P6		P7		R7		S7	
Más de	Incl.	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	Más de	Incl.										
—	3	+240	+140	+24	+14	+28	+14	+39	+14	+12	+6	+16	+6	+8	+2	+12	+2	+6	0	+10	0	+14	0	+25	0	+40	0	+60	0	+3	-3	+2	-4	+5	-5	+4	-6	0	-4	0	-6	0	-10	-2	-8	-2	-12	-4	-10	-4	-14	-6	-12	-6	-16	-10	-20	-14	-24	—	3
3	6	+260	+140	+32	+20	+38	+20	+50	+20	+18	+10	+22	+10	+12	+4	+16	+4	+8	0	+12	0	+18	0	+30	0	+48	0	+75	0	+4	-4	+5	-3	+6	-6	+6	-6	0	-5	+2	-6	+3	-9	-1	-9	0	-12	-5	-13	-4	-16	-9	-17	-8	-20	-11	-23	-15	-27	3	6
6	10	+300	+150	+40	+25	+47	+25	+61	+25	+22	+13	+28	+13	+14	+5	+20	+5	+9	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	0	+90	0	+4.5	-4.5	+5	-4	+7.5	-7.5	+8	-7	+1	-5	+2	-7	+5	-10	-3	-12	0	-15	-7	-16	-4	-19	-12	-21	-9	-24	-13	-28	-17	-32	6	10
10	18	+330	+150	+50	+32	+59	+32	+75	+32	+27	+16	+34	+16	+17	+6	+24	+6	+11	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	0	+110	0	+5.5	-5.5	+6	-5	+9	-9	+10	-8	+2	-6	+2	-9	+6	-12	-4	-15	0	-18	-9	-20	-5	-23	-15	-26	-11	-29	-16	-34	-21	-39	10	18
18	30	+370	+160	+61	+40	+73	+40	+92	+40	+33	+20	+41	+20	+20	+7	+28	+7	+13	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	0	+130	0	+6.5	-6.5	+8	-5	+10.5	-10.5	+12	-9	+1	-8	+2	-11	+6	-15	-4	-17	0	-21	-11	-24	-7	-28	-18	-31	-14	-35	-20	-41	-27	-48	18	30
30	40	+420	+170	+75	+50	+89	+50	+112	+50	+41	+25	+50	+25	+25	+9	+34	+9	+16	0	+25	0																																								

6 Diseño de eje y alojamiento

6-1 Precisión de la superficie de ajuste

El diseño y la fabricación correctos del eje o el alojamiento en el que se monta el rodamiento de agujas son vitales para el rendimiento adecuado del rodamiento porque el rodamiento de agujas tiene un anillo de rodadura más fino en comparación con otros tipos de rodamientos de rodillos. En la Tabla 26 se muestra la precisión de dimensiones y la precisión geométrica de la parte de "ajuste" del eje y el alojamiento en condiciones de aplicación estándar, la rugosidad de la superficie y la tolerancia de descentramiento del collarín contra la superficie de ajuste. Para conocer los valores de clase de tolerancia IT, consulte la Tabla 30 en la página 42.

Tabla 26 Precisión de eje y alojamiento (recomendada)

Elemento	Eje	Alojamiento
Tolerancia de redondez	IT3~IT4	IT4~IT5
Tolerancia de cilindridad	IT3~IT4	IT4~IT5
Tolerancia de descentramiento del collarín	IT3	IT3~IT4
Rugosidad de la superficie de ajuste	0.8a	1.6a

6-2 Precisión de la superficie de la pista

El rodamiento de agujas puede instalarse directamente en un eje o alojamiento como pista para estructura de rodamiento compacta. En este caso, la precisión y rugosidad de la superficie de la pista deberán ser equivalentes a las de la superficie de la pista del rodamiento a fin de asegurar la duración del rodamiento con gran precisión de rotación, ya que la precisión y rugosidad del eje y el alojamiento pueden afectar la duración y causar anomalía en el rodamiento.

En la Tabla 27 se muestran las especificaciones de precisión y rugosidad de la superficie de la pista.

Tabla 27 Precisión de la superficie de la pista (recomendada)

Elemento	Eje	Alojamiento
Tolerancia de redondez	IT3	IT3
Tolerancia de cilindridad	IT3	IT3
Tolerancia de descentramiento del collarín	IT3	IT3
Rugosidad de superficie	0.2a	

6-3 Material y tratamiento térmico de la superficie de la pista

La rigidez de la superficie del eje y el alojamiento deberá ser HRC58 a 64 a fin de obtener suficiente capacidad de carga en caso de utilizarlos como superficie de pista directa. En la Tabla 28 se muestra el tratamiento térmico recomendado para su material.

Tabla 28 Material para pista

Tipo de acero	Ejemplo representativo	Normas relacionadas
Acero al cromo con alto contenido de carbono para rodamientos	SUJ2	JIS G 4805
Acero al cromo-molibdeno	SCM415~435	JIS G 4053
Acero al carbono para herramientas	SK85	JIS G 4401
Acero inoxidable	SUS440C	JIS G 4303

6-4 Inclinación del rodamiento

La inclinación entre el anillo interior y el exterior generada por la deflexión del eje debido a fuerza externa o error de montaje puede resultar en reducción de la vida útil causada por desgaste o calor anormal. Aunque la cantidad permisiva de inclinación varía dependiendo del tipo de rodamiento, la carga y el juego interno del rodamiento, se recomienda que sea de 1/2000 o menos para aplicaciones generales.

6-5 Dimensiones de montaje para rodamiento

Las dimensiones del eje y el alojamiento para rodamiento de agujas (Figura 8) se muestran en la tabla de dimensiones para los rodamientos respectivos.

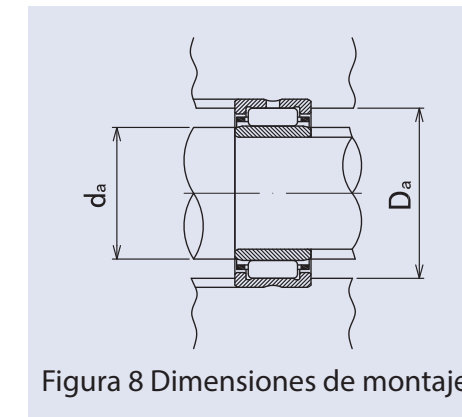


Figura 8 Dimensiones de montaje

Radio de filete y altura del collarín para eje y alojamiento

El radio máximo permisivo ($r_{as\ max}$) del radio de filete para el eje y del alojamiento en el que se montan los rodamientos de agujas corresponde a la dimensión de bisel mínima permisiva ($r_{s\ min}$) de los rodamientos.

El valor mínimo del diámetro del collarín del eje (d_a) deberá ser el diámetro interior nominal (d) del rodamiento más la altura de su collarín (h) multiplicado por 2. El valor máximo del diámetro del collarín del alojamiento (D_a) deberá ser el diámetro exterior (D) del rodamiento menos la altura de su collarín multiplicado por 2.

Tabla 29 Radio real máximo permisivo de la esquina R del eje y alojamiento $r_{as\ max}$ Unidad: mm

$r_{s\ min}$ Dimensión mínima permisiva de bisel	$r_{as\ max}$ Radio real máximo permisivo de la esquina R del eje y alojamiento	
0.1	0.1	
0.15	0.15	
0.2	0.2	
0.3	0.3	
0.4	0.4	
0.6	0.6	
1	1	
1.1	1	
1.5	1.5	
2	2	
2.1	2	
2.5	2	
3	2.5	
4	3	
5	4	

Altura del collarín y esquina R

7 Lubricación

7-1 Finalidad de la lubricación

La finalidad de la lubricación del rodamiento es evitar el agarrotamiento por calor mitigando la fricción y la abrasión de la superficie rodante y la superficie de deslizamiento. A continuación se ofrece la explicación detallada.

(1) Mitigación de la fricción y la abrasión

Impide el contacto directo entre la pista, el elemento rodante, y la jaula.

También mitiga la fricción y la abrasión como resultado del deslizamiento en la superficie de la pista.

(2) Eliminación del calor por fricción

El lubricante elimina el calor de abrasión del interior del rodamiento o el calor propagado desde el interior para evitar el recalentamiento excesivo del rodamiento.

(3) Prolongación de la vida útil del rodamiento

La separación del elemento rodante y la pista mediante una película de aceite resulta en prolongación de la vida útil del rodamiento.

(4) Prevención de óxido

La película de aceite lubricante mitiga la oxidación del interior y la superficie del rodamiento para evitar la corrosión.

(5) Prevención de polvo

La grasa empacada en la caja de lubricación con grasa impide la entrada de materias extrañas.

El rendimiento eficaz de estos efectos requiere la utilización de un método de lubricación adecuado para la aplicación así como la selección del lubricante apropiado, su cantidad adecuada, prevención contra la entrada de materias extrañas, y estructura de sellado óptima a fin de evitar la fuga de lubricante.

7-2 Comparación de lubricación con grasa y con aceite

Método de lubricación

El método de lubricación del rodamiento consta de lubricación con grasa y lubricación con aceite.

La lubricación con grasa es bastante popular para un amplio tipo de rodamientos porque es económica debido a su estructura sencilla de sellado y período de operación de larga duración con llenado simple. Sin embargo, su desventaja es mayor resistencia a la fluidez que la lubricación con aceite, cuya capacidad de enfriamiento es grande y se utiliza en aplicaciones de alta velocidad.

La lubricación con aceite tiene la ventaja de gran capacidad de enfriamiento y aplicaciones de alta velocidad debido a sus características de buena fluidez. Sin embargo, exige un diseño especial teniendo en cuenta la estructura de sellado y la prevención de fugas. En la Tabla 31 se comparan los dos métodos de lubricación como guía para la selección del método de lubricación.

Tabla 31 Comparación de lubricación con grasa y con aceite

Método de lubricación / Elemento	Grasa	Aceite
Reemplazo del lubricante	△	○
Rendimiento de lubricación	○	◎
Eficacia de enfriamiento	×	○
Estructura de sellado	○	△
Pérdida de potencia	△	○
Mantenimiento	○	△
Operación de alta velocidad	×	○

Tabla 30 Valores de clase de tolerancia IT para dimensión de referencia

Unidad: μm

Dimensión de referencia (mm)		Clase de tolerancia					
Más de	Incl.	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
3	6	1.5	2.5	4	5	8	12
6	10	1.5	2.5	4	6	9	15
10	18	2	3	5	8	11	18
18	30	2.5	4	6	9	13	21
30	50	2.5	4	7	11	16	25
50	80	3	5	8	13	19	30
80	120	4	6	10	15	22	35
120	180	5	8	12	18	25	40
180	250	7	10	14	20	29	46
250	315	8	12	16	23	32	52

7-3 Lubricación con grasa

Cantidad de llenado de grasa

La grasa deberá rellenarse hasta un volumen de aproximadamente un tercio a la mitad del espacio interno del rodamiento o alojamiento. La grasa excesiva puede causar la degradación del rendimiento de lubricación debido a la fuga de la grasa ablandada, o la oxidación como resultado del aumento de la temperatura en el interior del rodamiento. Esto es crítico especialmente en operación de alta velocidad.

La disposición de los orificios de engrase uniformemente en la circunferencia del anillo permite la entrada simultánea de la grasa de relleno en el rodamiento para reemplazar la grasa antigua por nueva. Sin embargo, este diseño también permite que quede grasa antigua en el espacio del lado opuesto, que necesita retirarse periódicamente quitando la cubierta.

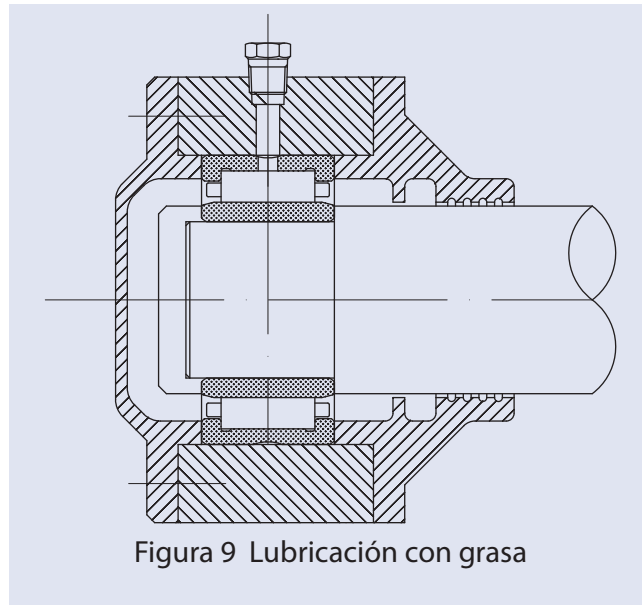


Figura 9 Lubricación con grasa

Grasa de lubricación

La grasa es un lubricante semisólido compuesto por aceite de base (agente de lubricación líquido) y un espesante, que se combinan al calentarse.

Tabla 32 Tipo y propiedades de la grasa (referencia)

Nombre	Grasa de litio			Grasa de sodio	Grasa de base de calcio	Grasa de aluminio	Grasa no jabonosa	
Espesante	Jabón de Li			Jabón de Na	Jabón de Ca + Na Jabón de Ca + Li	Jabón de Al	Bentonita, urea, etc.	
Aceite de base	Aceite mineral	Aceite diéster	Aceite de silicio	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite sintético
Punto de goteo °C	170~190	170~190	200~250	150~180	150~180	70~90	250 o más	250 o más
Temperatura de trabajo °C	-25~+120	-50~+120	-50~+160	-20~+120	-20~+120	-10~+80	-10~+130	-50~+200
Estabilidad mecánica	Buena	Aceptable	Aceptable	Buena~Aceptable	Buena~Aceptable	Aceptable~Deficiente	Aceptable	Aceptable
Resistencia a la presión	Aceptable	Aceptable	Deficiente	Aceptable	Buena~Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Resistencia al agua	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable~Deficiente	Aceptable~Deficiente	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Aplicación	Las más variadas Grasa versátil para rodamientos de rodillos	Excelente en propiedades de baja temperatura, fricción	Adecuada para alta y baja temperatura Inadecuada para carga elevada debido a la baja resistencia de la película de aceite	Sometida a emulsionado por mezcla con agua Propiedades relativamente buenas a alta temperatura	Excelente en resistencia al agua y estabilidad mecánica Adecuada para rodamientos sometidos a vibración	Excelente en viscosidad Adecuada para rodamientos sometidos a vibración	Amplia aplicación desde baja a alta temperatura. Incluye tipos que muestran excelentes propiedades en resistencia a alta y baja temperatura, y a productos químicos mediante la combinación con aceite de base y espesante. Grasa versátil para rodamientos de rodillos	

* La gama de temperaturas de trabajo es solamente para propiedades en general y NO para fines de garantía.

1) Aceite de base

El aceite mineral y el aceite mezclado se utilizan para aceite de base de grasa.

El aceite diéster y el aceite de silicona se utilizan como aceite mezclado.

El rendimiento de lubricación depende de la viscosidad del aceite de base y, en general, el aceite de base de baja viscosidad es adecuado para entornos de baja temperatura y aplicaciones de alta velocidad, y la viscosidad alta es para alta temperatura y aplicaciones de gran carga.

2) Espesante

El espesante es un material para mantener la grasa en estado semisólido. El tipo de espesante tiene un fuerte impacto en la temperatura máxima de trabajo, la resistencia al agua, y la estabilidad mecánica.

La base de jabón metálico es muy popular como material espesante. Además, hay espesantes, como el espesante de base de urea con gran resistencia al calor, y el espesante de base de jabón de sodio con mala resistencia al agua debido al emulsionado producido al mezclarse con agua.

3) Consistencia

Consistencia se refiere a la "blandura" de la grasa y se utiliza como guía para mostrar características de fluidez. Cuanto mayor sea el número de penetración de ASTM, más blanda será la grasa. En la Tabla 33 se muestra la relación típica ente la consistencia de la grasa y sus condiciones de operación.

Tabla 33 Consistencia de la grasa y sus condiciones de operación

Núm. de grado NLGI	Penetración de ASTM (1/10mm)	Condiciones de operación
0	355~385	Lubricación centralizada
1	310~340	Aplicación de oscilación
2	265~295	Aplicación general
3	220~250	Aplicación general, alta temperatura
4	175~205	Aplicación con sellado de grasa

4) Aditivos

Los aditivos son materiales para mejorar el rendimiento de la grasa, que incluyen antioxidantes y aditivos para presión extrema añadidos cuando es necesario. Para utilizar grasa durante un largo período sin necesidad de rellenado se requiere la adición de antioxidantes para evitar la oxidación.

Además, la grasa en condiciones de operación con carga pesada o impactos deberá seleccionarse entre las que tengan agregados aditivos para presión extrema.

5) Mezcla de diferentes tipos de grasas

En principio, no deberán mezclarse grasas de marcas diferentes. La mezcla de diferentes tipos de grasas está sometida al impacto negativo entre ellas debido al cambio de consistencia y a la diferencia de aditivos.

Tabla 34 Marcas de grasas lubricantes (referencia)

Categoría	Marca	Fabricante	Espesante o base de jabón	Consistencia	Punto de goteo °C	Temperatura de trabajo °C	Observación
Finalidad general	Alvania Grease S1	Showa Shell Sekiyu	Jabón de litio	323	180	-35~120	Finalidad general
	Alvania Grease S2	Showa Shell Sekiyu	Jabón de litio	283	181	-25~120	Finalidad general
	Alvania Grease S3	Showa Shell Sekiyu	Jabón de litio	242	182	-20~135	Finalidad general
Amplio margen de temperaturas de trabajo	Fomblin RT-15	Solvay Solexis	PTFE	NO.2	300 o más	-20~250	Alta temperatura
	Fomblin Y-VAC1	Solvay Solexis	PTFE	NO.1	300 o más	-20~250	Alto vacío (suave)
	Fomblin Y-VAC2	Solvay Solexis	PTFE	NO.2	300 o más	-20~250	Alto vacío (normal)
	Fomblin Y-VAC3	Solvay Solexis	PTFE	NO.3	300 o más	-20~250	Alto vacío (rígida)
Baja temperatura	Multemp PS No.2	KYODO YUSHI	Jabón de litio	NO.2	190	-50~130	Baja temperatura
Otros	LOR#101	OIL CENTER RESEARCH	PTFE	295	198	-40~188	Excelente en resistencia a la abrasión, resistencia a la carga, resistencia al agua, y resistencia a productos químicos
	HP300	Dow Corning	PTFE	280	-	-65~250	Resistencia a la carta, resistencia al aceite, resistencia a disolventes, resistencia a productos químicos
	BARRIERTA SUPER IS/V	NOK KLUBER	PTFE	No.2	-	-35~260	Alto vacío
	BARRIERTA IEL/V	NOK KLUBER	PTFE	No.2	-	-65~200	Alto vacío
	ISO FLEX TOPAS NB 52	NOK KLUBER	Jabón de bario	No.2	240 o más	-50~150	Excelente en resistencia al calor, resistencia a la carga, resistencia al agua, y alta velocidad
	DEMNUM L-200	DAIKIN	PTFE	280	-	-60~300	Estabilidad a alta temperatura
	DEMNUM L-65	DAIKIN	PTFE	280	-	-70~200	Estabilidad a alta temperatura
	G1/3Grease	The Orelube Corporation	Grasa no jabonosa	No.2	-	-23~180	Alta temperatura, carga elevada
	Shell Cassida Grease RLS2	Showa Shell Sekiyu	Complejo de aluminio	No.2	240 o más	-30~120	Excelente en resistencia al agua, estabilidad de oxidación, y estabilidad mecánica
	Super Lube item number 82329	Henkel	PTFE	No.2	-	-42~232	Presión extremada, alta temperatura
Castrol Microcote 296	Castrol	PTFE	No.2	256	-50~204	Estabilidad al calor, baja volatilidad, estabilidad al esfuerzo cortante, alto vacío	

7-4 Lubricación con aceite

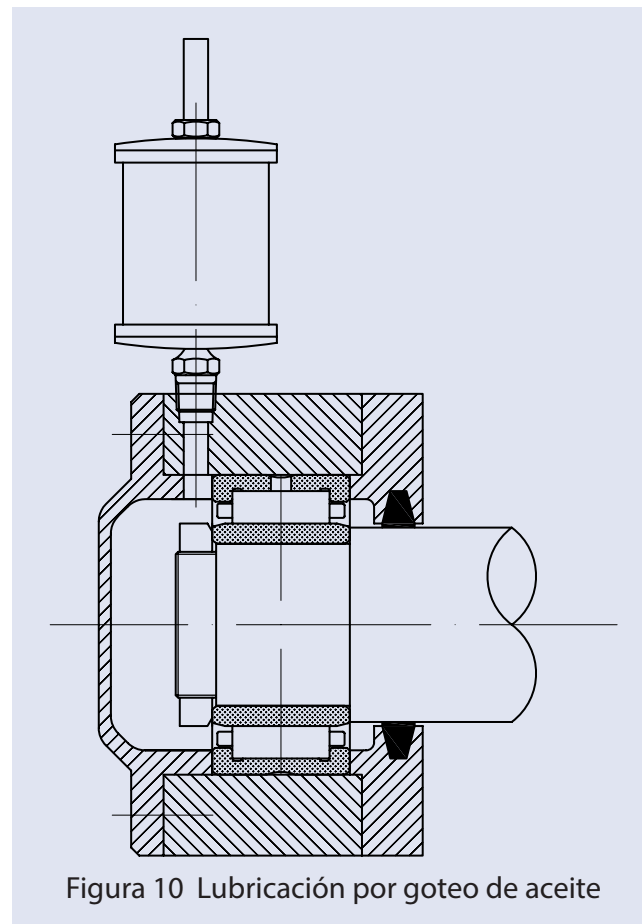
La lubricación con aceite es más adecuada que la grasa para rotación de alta velocidad con excelente eficacia de enfriamiento. Es adecuada para aplicaciones que requieran la emisión al exterior del calor que se genera en el rodamiento o se añade al mismo.

1) Lubricación por baño de aceite

La lubricación por baño de aceite es el método más popular utilizado en velocidades media a baja. La cantidad de aceite necesita ser controlada adecuadamente con manómetro de aceite. Las gotas de aceite a través de un engrasador se convierten en una neblina de aceite debido a la presión del viento generada por piezas giratorias como ejes, tuercas, etc. Luego, llena el alojamiento y lubrica todas las piezas necesarias. El nivel de aceite recomendado es en el centro del rodillo de agujas más bajo de un rodamiento. Es preferible un diseño de alojamiento con menor variación del nivel de aceite.

2) Lubricación por goteo de aceite

La lubricación por goteo de aceite se utiliza ampliamente en aplicaciones con alta velocidad y carga media debido a su mejor eficacia de enfriamiento. El goteo de aceite a través del engrasador en este método elimina el calor de fricción mediante el método de lubricar con niebla de aceite que llena el interior del alojamiento y golpea a las piezas giratorias tales como ejes y tuercas. Aunque la cantidad de aceite varía dependiendo del tipo de rodamiento y de velocidad, en general, la cantidad deberá ser de un par de gotas por minuto.

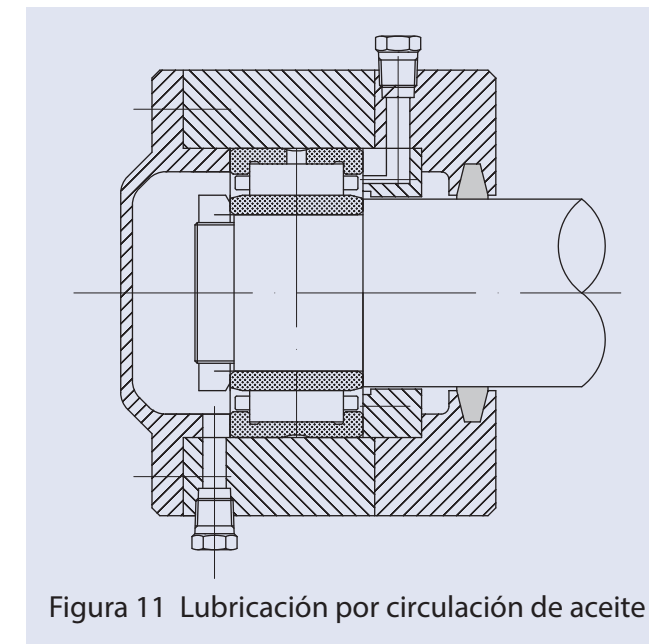


3) Lubricación por salpicadura de aceite

La lubricación por salpicadura de aceite es un método para salpicar aceite con la rotación de un engranaje o disco. A diferencia de la lubricación por baño de aceite, es adecuada para una velocidad relativamente más alta, sin necesidad de tener el rodamiento sumergido directamente en aceite.

4) Lubricación por circulación de aceite

La lubricación por circulación de aceite se emplea ampliamente en aplicaciones cuya finalidad es la rentabilidad para lubricación automática con gran número de puntos de lubricación, o el enfriamiento de rodamientos. Este método de lubricación permite enfriar y mantener la limpieza del lubricante con un enfriador de aceite y filtros instalados en el sistema de circulación del aceite. Como se muestra en la Figura 11, para asegurarse de que el aceite de lubricación se drene completamente, es muy importante que el conducto de salida sea lo más grande posible, o que se realice la salida forzada, estableciendo la entrada y la salida del aceite de lubricación en lados opuestos del rodamiento.



Aceite lubricante

Como aceite de lubricación para rodamientos se utiliza aceite mineral muy refinado, como aceite de mandril, aceite de máquina, o aceite de turbina, o aceite mezclado. De acuerdo con la aplicación, si es necesario, utilizan selectivamente aditivos tales como antioxidantes, aditivos para presión extrema, o depurantes.

Es importante seleccionar aceite con la viscosidad apropiada para la temperatura de operación. Una viscosidad demasiado baja causará insuficiente formación de película de aceite lo que resultará en abrasión o agarrotamiento por calor. Una viscosidad demasiado alta causará la generación de calor o la pérdida de potencia debido a la resistencia de viscosidad. En general, el aceite con mayor viscosidad se utiliza para cargas mayores, y el de menor viscosidad para velocidades más altas.

8 Manipulación de rodamientos

8-1 Precauciones

Los rodamientos son componentes mecánicos extremadamente precisos. Por este motivo, es necesario que tenga mucho cuidado cuando los manipule.

1) Mantenga los rodamientos y sus alrededores limpios

Las materias extrañas que entran en los rodamientos, como el polvo o la suciedad, tienen un efecto perjudicial en la rotación o en la vida útil de los rodamientos. Tenga especial cuidado en mantener la limpieza del rodamiento, los componentes que lo rodean, las herramientas de trabajo, los lubricantes, los aceites de lubricación y el entorno de trabajo.

2) Maneje los rodamientos con cuidado

Los golpes, como los causados al dejar caer un rodamiento, pueden provocar daños o impresiones en la pista de rodadura o en los elementos rodantes. Como esto puede ser la causa de averías, manipule cuidadosamente los rodamientos.

3) Utilice las herramientas de trabajo apropiadas

Cerórese de utilizar apropiadamente las herramientas de trabajo para el tipo de rodamiento cuando lo monte o desmonte.

4) Preste atención al óxido

Aunque se aplique aceite antioxidante a los rodamientos, la manipulación con las manos desnudas puede provocar la generación de óxido debido a la transpiración de las manos. Tenga mucho cuidado al manipular rodamientos. Use guantes o aplique también aceite mineral sobre las manos cuando manipule los rodamientos con las manos desnudas.

8-2 Montaje

Preparativos

Los rodamientos deberán montarse en un entorno limpio y seco. Se deberá eliminar la suciedad en las herramientas de montaje antes del montaje, y después habrá que verificar si la precisión de las dimensiones, la precisión geométrica, y la rugosidad del eje y el alojamiento están dentro de la tolerancia designada.

El embalaje de los rodamientos se deberá abrir justo antes de iniciar el montaje. En caso de lubricación con grasa, llene grasa de lubricación sin lavar los rodamientos. Para la lubricación con aceite, normalmente tampoco será necesario lavar los rodamientos. En caso de una aplicación que exija gran precisión o cuando pueda degradarse la función de lubricación debido a la mezcla de lubricantes y agentes antioxidantes, se recomienda lavar a fondo el aceite y la grasa de los rodamientos.

Método de montaje

1) Ajuste a presión

Para montar rodamientos de tamaño pequeño a mediano que no necesitan grandes fuerzas, se utiliza habitualmente el ajuste a presión a temperatura ambiental. En este caso, utilice un dispositivo de prensado como se muestra en la Figura 12 para aplicar uniformemente fuerza a cada lado del rodamiento y presiónelo cuidadosamente. La aplicación de aceite de alta viscosidad a la superficie de ajuste durante el trabajo puede reducir la fricción en la superficie.

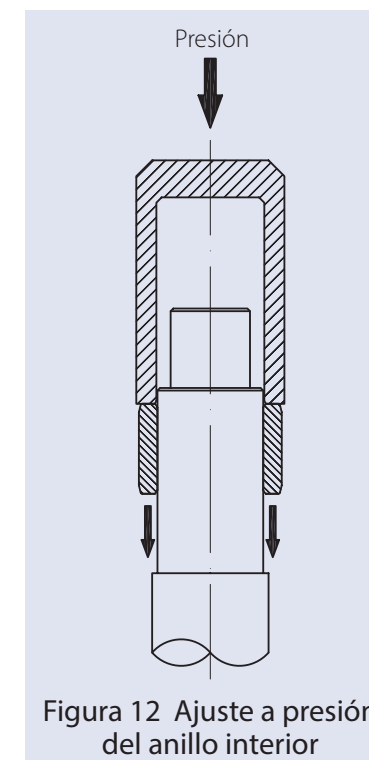


Figura 12 Ajuste a presión del anillo interior

2) Ajuste por contracción

El ajuste por contracción se utiliza ampliamente para montar rodamientos de interferencia más estricta o de tamaño grande. Se calienta el alojamiento para el anillo exterior y el anillo interior respectivamente con aceite mineral puro con poca corrosividad para dilatar su diámetro interior a fin de montarlo en el anillo exterior o en el eje. La temperatura de calentamiento no deberá superar 120° C. Durante el montaje, el anillo interior puede dilatarse en dirección del eje por lo que necesita presionarse contra el collarín hasta que finalice el enfriamiento para evitar la holgura entre el anillo interior y el collarín.

8-3 Inspección de la operación

Después del montaje habrá que inspeccionar la operación para confirmar que los rodamientos hayan quedado montados correctamente. La operación de potencia a una velocidad determinada sin inspección de la operación puede provocar daños del rodamiento o el agarrotamiento por calor debido al fallo de lubricación en el caso de que el montaje sea insuficiente. El eje o el alojamiento deberán girarse con la mano después del montaje para confirmar que no haya anomalías, y después habrá que comprobar (o inspeccionar) aumentando la velocidad desde el estado sin carga, operación a baja velocidad y aumentando hasta operación con carga completa.

A continuación se ofrecen los puntos anormales típicos y las causas principales que pueden comprobarse en la inspección de la operación.

1) Inspección con la mano

- Fluctuación en el par de rotación Montaje insuficiente
- Ruido anormal Impresión, daño, entrada de suciedad o materias extrañas en la superficie de la pista
- Par excesivo Juego insuficientemente pequeño

2) Inspección por operación real

- Ruido anormal, vibración Impresión, Juego excesivo, entrada de suciedad o materias extrañas en la superficie de la pista de rodadura
- Temperatura anormal Lubricación insuficiente, montaje insuficiente, juego insuficientemente pequeño

8-4 Extracción

El rodamiento podrá desmontarse para mantenimiento periódico de la máquina o para reparaciones. El rodamiento y otros componentes deberán desmontarse cuidadosamente de la misma forma que en el montaje en caso de volver a utilizarlos, o para comprobar un estado de avería.

El desmontaje de los rodamientos deberá realizarse de forma apropiada de acuerdo con el tipo de rodamiento y el estado de los ajustes. En la etapa de planificación de la construcción alrededor del rodamiento, en el diseño de la estructura habrá que tener en cuenta el trabajo de desmontaje, ya que podría resultar difícil desmontar sobre todo un rodamiento con ajuste apretado.

Extracción del anillo exterior

La instalación de pernos en varios lugares de la circunferencia del alojamiento y apretar uniformemente los tornillos, permitirá extraer fácilmente el anillo exterior ensamblado con ajustes apretados como se muestra en la Figura 13.

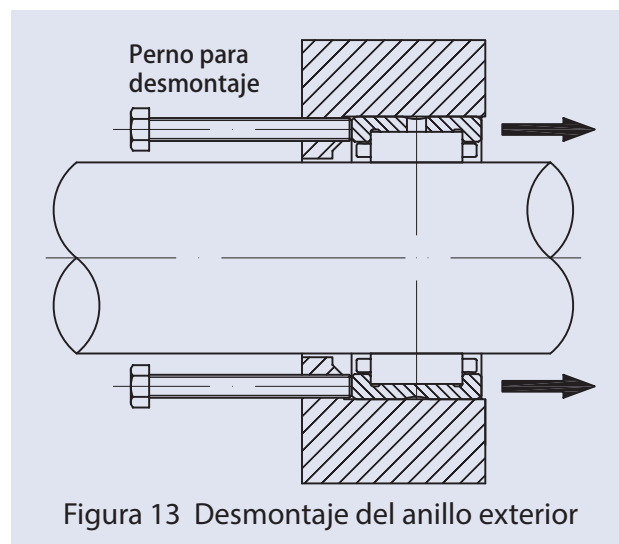


Figura 13 Desmontaje del anillo exterior

Desmontaje del anillo interior

El desmontaje del anillo interior podrá realizarse con mayor facilidad tirando hacia fuera mediante presión (Figura 14). También podrá utilizarse una herramienta de extracción especialmente diseñada (Figura 15) de acuerdo con las dimensiones del rodamiento.

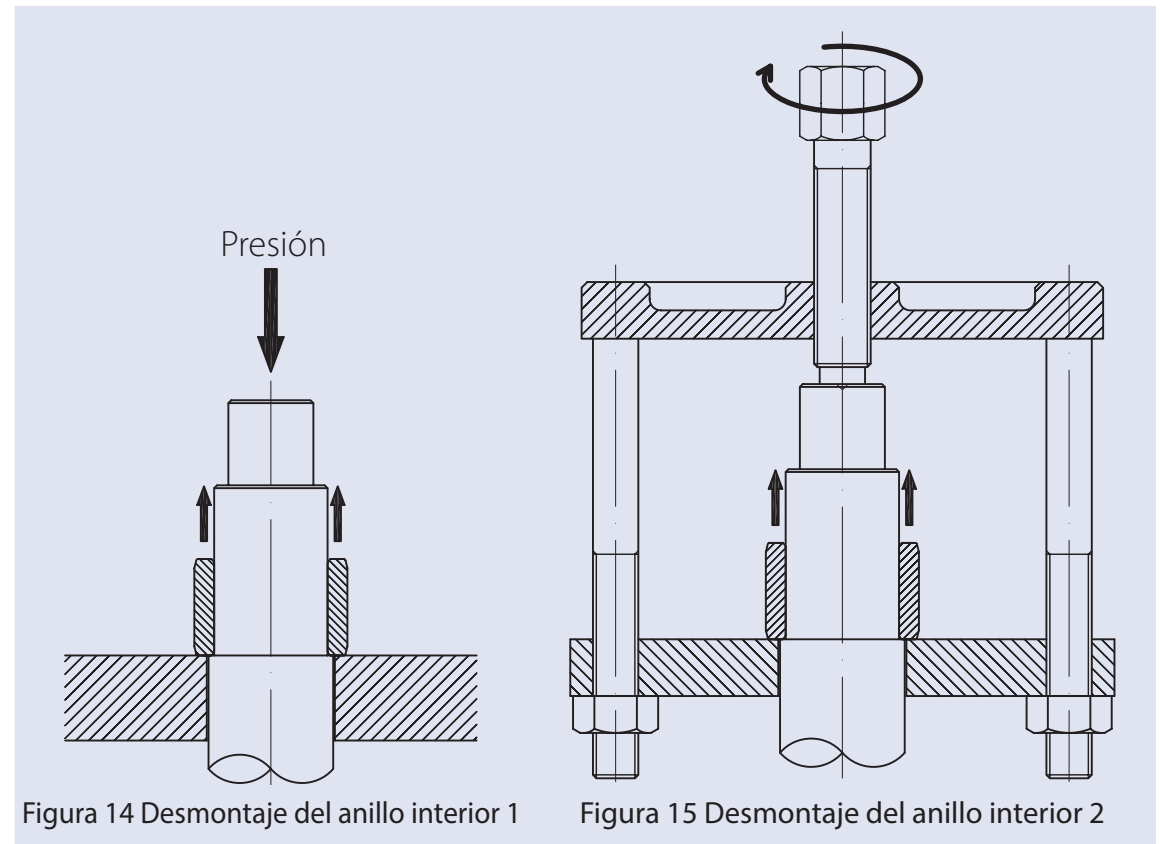


Figura 14 Desmontaje del anillo interior 1

Figura 15 Desmontaje del anillo interior 2

8-5 Mantenimiento e inspección







El mantenimiento y la inspección periódicos son esenciales para aumentar al máximo el rendimiento y prolongar el uso de los rodamientos, así como para descubrir a tiempo anomalías en los mismos. Los elementos de inspección de rodamientos en operación incluyen la temperatura, el sonido de operación, la vibración de los rodamientos, y las condiciones del lubricante, cuya observación permitirá juzgar cuándo rellenar de lubricante y reemplazar los componentes.

RODAMIENTOS DE AGUJAS DE ANILLOS MAQUINADOS



Rodamientos de agujas de tipo maquinado (NA, NK, NA..UU)

Tipo y código de pieza

Tipo	Diámetro de eje aplicable	Características	Código de pieza					
 RNA48,49,59,69	$\phi 7 \sim \phi 175$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Anillo exterior con bordes Sin anillo interior Sin sello *Hileras dobles: RNA69 ($F_w \geq \phi 37$)	RNA ↓ Tipo	49 ↓ Series de dimensión	10 ↓ Número de diámetro interior	P6 ↓ Clase de precisión (Clase 6) (Estándar: sin símbolo, Clase 0)		
 NK	$\phi 5 \sim \phi 110$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Tipo carga ligera Anillo exterior con bordes Sin anillo interior Sin sello (No hay orificios de aceite ni ranuras de aceite si el diámetro establecido del orificio del rodamiento (F_w) es de 10 mm o menos)	NK ↓ Tipo	40 / 20 ↓ Ancho del anillo exterior	P6 ↓ Clase de precisión (Clase 6) (Estándar: sin símbolo, Clase 0)			
 NA48,49,59,69	$\phi 5 \sim \phi 160$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Anillo exterior con bordes Con anillo interior Sin sello *Hileras dobles: NA69 (diá. del eje $\geq \phi 32$)	NA ↓ Tipo	49 ↓ Series de dimensión	10 ↓ Número de diámetro interior	C3 ↓ Símbolo de juego (Juego C3) (Estándar: sin símbolo, Juego CN)	P6 ↓ Clase de precisión (Clase 6) (Estándar: sin símbolo, Clase 0)	
 NKI	$\phi 5 \sim \phi 100$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Tipo carga ligera Anillo exterior con bordes Con anillo interior Sin sello (No hay orificios de aceite ni ranuras de aceite si el diámetro interior es de 8 mm o menos)	NKI ↓ Tipo	35 / 20 ↓ Diámetro interior	20 ↓ Ancho del anillo exterior	C3 ↓ Símbolo de juego (juego C3) (Estándar: sin símbolo, Juego CN)	P6 ↓ Clase de precisión (Clase 6) (Estándar: sin símbolo, Clase 0)	
 RNA49,69..UU	$\phi 14 \sim \phi 58$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Anillo exterior con bordes Sin anillo interior Con sellos *Hileras dobles: RNA69 ($F_w \geq \phi 42$)	RNA ↓ Tipo	49 ↓ Series de dimensión	10 ↓ Número de diámetro interior	UU ↓ UU : con sellos	P6 ↓ Clase de precisión (Clase 6) (Estándar: sin símbolo, Clase 0)	
 NA49,69..UU	$\phi 10 \sim \phi 50$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Anillo exterior con bordes Con anillo interior Con sellos *Hileras dobles: NA69 (diá. del eje $\geq \phi 35$)	NA ↓ Tipo	49 ↓ Series de dimensión	10 ↓ Número de diámetro interior	UU ↓ UU : con sellos	C3 ↓ Símbolo de juego (Juego C3) (Estándar: sin símbolo, Juego CN)	P6 ↓ Clase de precisión (Clase 6) (Estándar: sin símbolo, Clase 0)

Estructura y características

Los rodamientos de agujas de tipo maquinado ofrecen una gran rigidez y precisión de los rodamientos y tienen una estructura en la que la jaula y los rodillos de agujas están montados en un anillo exterior maquinado. También se pueden utilizar en alojamientos de metal ligero debido a la alta rigidez del anillo exterior.

Además, debido al diámetro relativamente pequeño del rodamiento de agujas y a la poca altura de la sección transversal, es posible que soporten grandes cargas radiales en un volumen pequeño, lo cual permite que las máquinas sean de diseño compacto y ligero.

Hay rodamientos de agujas de tipo maquinado con y sin anillo interior. Se puede utilizar un eje directamente como superficie de la pista de rodadura.

Sin anillo interior

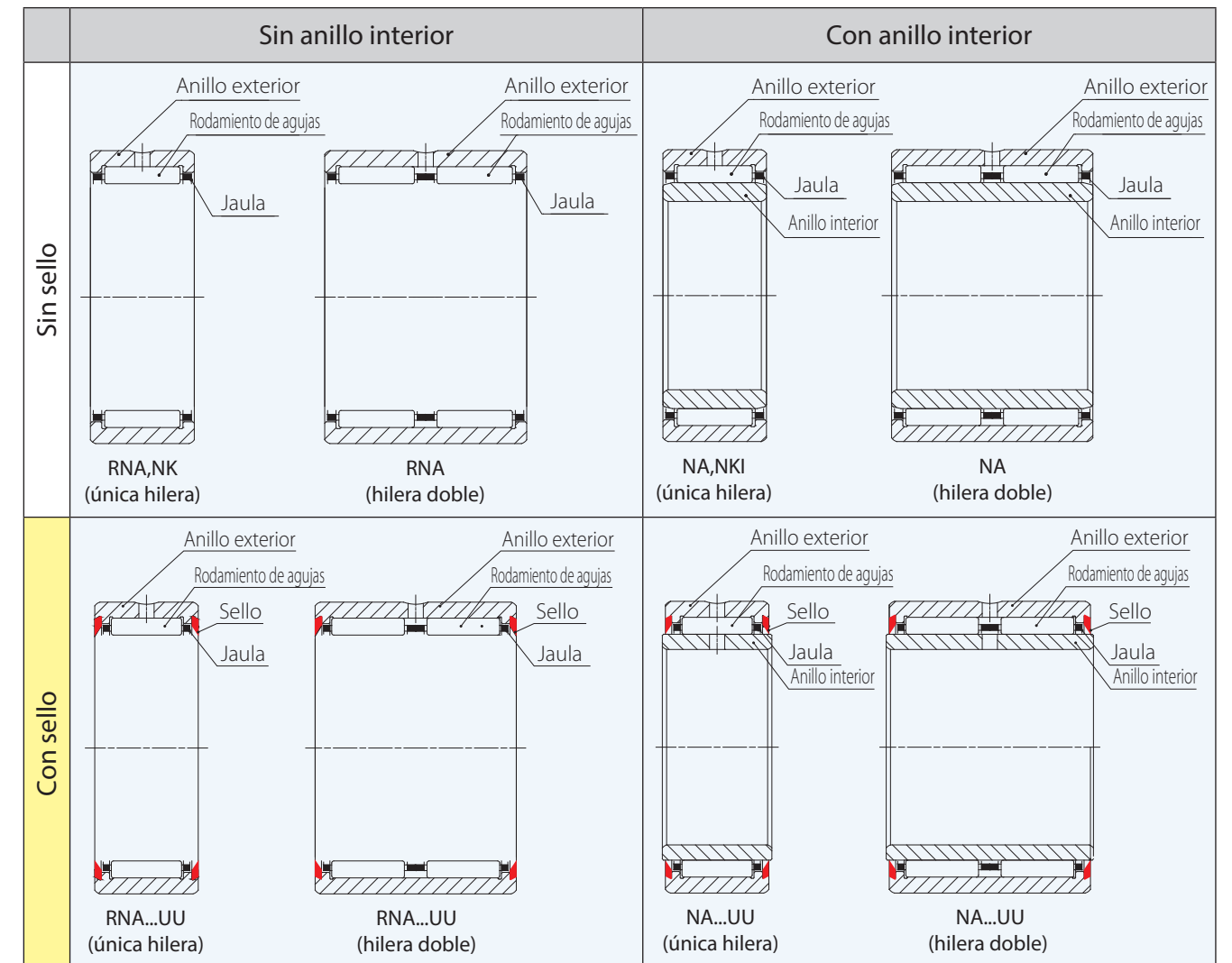
El eje se utiliza directamente como la superficie de la pista de rodadura de los rodamientos de agujas de tipo maquinado. Si usa el eje directamente como superficie de la pista de rodadura, consulte la sección 6-2 Precisión de la superficie de la pista de rodadura y la sección 6-3 Material y tratamiento térmico de la superficie de la pista de rodadura.

Con anillo interior

Si la superficie del eje no puede alcanzar la dureza, precisión y rugosidad especificadas, se usa el tipo con un anillo interior. Se ha templado y esmerilado el anillo interior para que alcance la dureza, precisión y rugosidad requeridas para la pista y se pueda utilizar como tal.

Con sello

NA49UU y NA69UU tienen sellos incrustados en ambos extremos. Los sellos de caucho sintético ayudan a prevenir fugas de lubricante e infiltración de polvo y otros contaminantes del exterior.





RODAMIENTOS DE AGUJAS SEPARABLES



Rodamientos de agujas de tipo maquinado- Tipo separable (NAF)

Tipo y código de pieza

Tipo	Diámetro de eje aplicable	Características	Código de pieza
 RNF(W)	$\phi 5 \sim \phi 100$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Anillo exterior sin borde Sin anillo interior	RNF W 30 42 32 P6 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ Tipo Ninguno: única hilera W: hilera doble Diámetro del círculo inscrito Diámetro exterior Anchura Símbolo de clasificación (Clase 6) (Clase estándar 0 Sin símbolo)
 NAF(W)	$\phi 6 \sim \phi 90$	Rodamientos de agujas de tipo maquinado Anillo exterior sin borde Con anillo interior	NAF W 25 42 32 C3 P6 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ Tipo Ninguno: única hilera W: hilera doble Diámetro interior Diámetro exterior Anchura Símbolo de juego (Juego C3) (Estándar: sin símbolo, Juego CN) Símbolo de clasificación (Clase 6) (Clase estándar 0 Sin símbolo)

* Estos son productos semiestándar, así que comuníquese con JNS para cualquier consulta.

Estructura y características

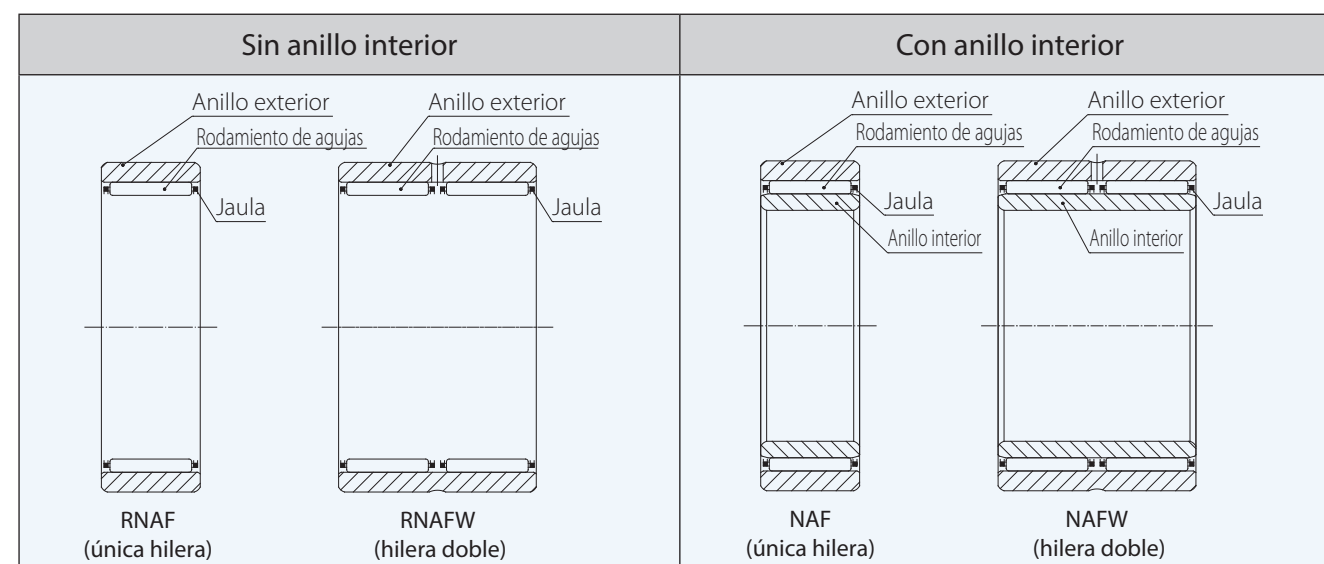
Un rodamiento métrico con un anillo exterior maquinado rígido y una jaula con una hilera única o hilera doble de rodillos de aguja. Este rodamiento no tiene bordes en el interior del anillo exterior, por lo que la jaula con rodillos de aguja se puede separar fácilmente de los anillos exterior e interior.

Debido a que estos rodamientos pueden montarse individualmente en el equipo, el montaje suele ser más sencillo. La jaula con rodamientos de agujas no está limitada por los bordes; por lo que la configuración debe ser tal que limite el movimiento de estas piezas.

Además, este tipo de rodamiento no está disponible con un sello.

En el tipo estándar de única hilera, no hay ranuras de aceite ni orificios de aceite para la lubricación en el anillo exterior, ni orificios de aceite en el anillo interior.

En el tipo estándar de doble hilera, hay ranuras de aceite y orificios de aceite para la lubricación en el anillo exterior, pero no hay orificios de aceite en el anillo interior.





RODAMIENTOS DE AGUJAS COMBINADOS



Rodamientos de agujas combinados (NKX..(Z), NKXI..(Z))

Tipo y código de pieza

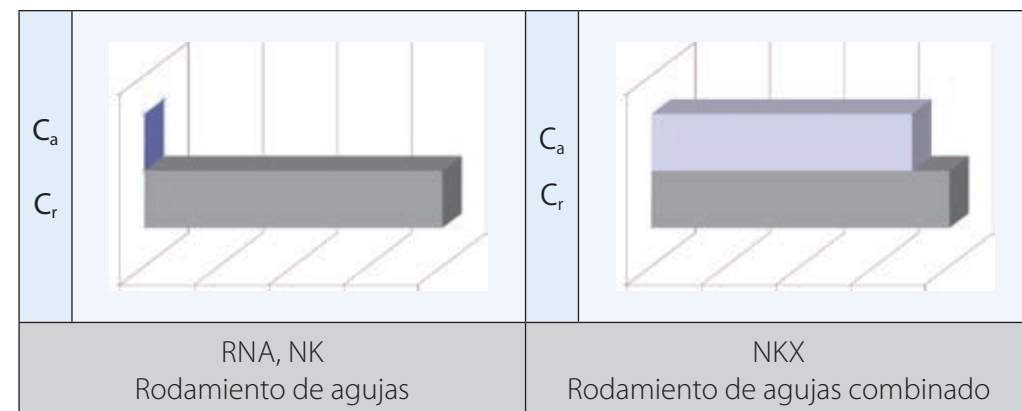
Tipo	Diámetro de eje aplicable	Características	Código de pieza
 NKX..(Z)	$\phi 10 \sim \phi 70$	Rodamiento combinado de tipo maquinado Rodamiento radial: rodamiento de agujas Rodamiento de empuje: rodamiento de bolas Anillo exterior con bordes Sin anillo interior	<p>NKX ↓ Tipo</p> <p>30 ↓ Diámetro del círculo inscrito</p> <p>Z ↓ Z: Con cubierta antipolvo Ninguno: sin cubierta de acero</p>
 NKXI..(Z)	$\phi 7 \sim \phi 60$	Rodamiento combinado de tipo maquinado Rodamiento radial: rodamiento de agujas Rodamiento de empuje: rodamiento de bolas Anillo exterior con bordes Con anillo interior	<p>NKXI ↓ Tipo</p> <p>25 ↓ Diámetro interior</p> <p>Z ↓ Z: Con cubierta antipolvo Ninguno: sin cubierta de acero</p> <p>C3 ↓ Símbolo de juego (Juego C3) (Estándar: sin símbolo, Juego CN)</p>

Estructura y características

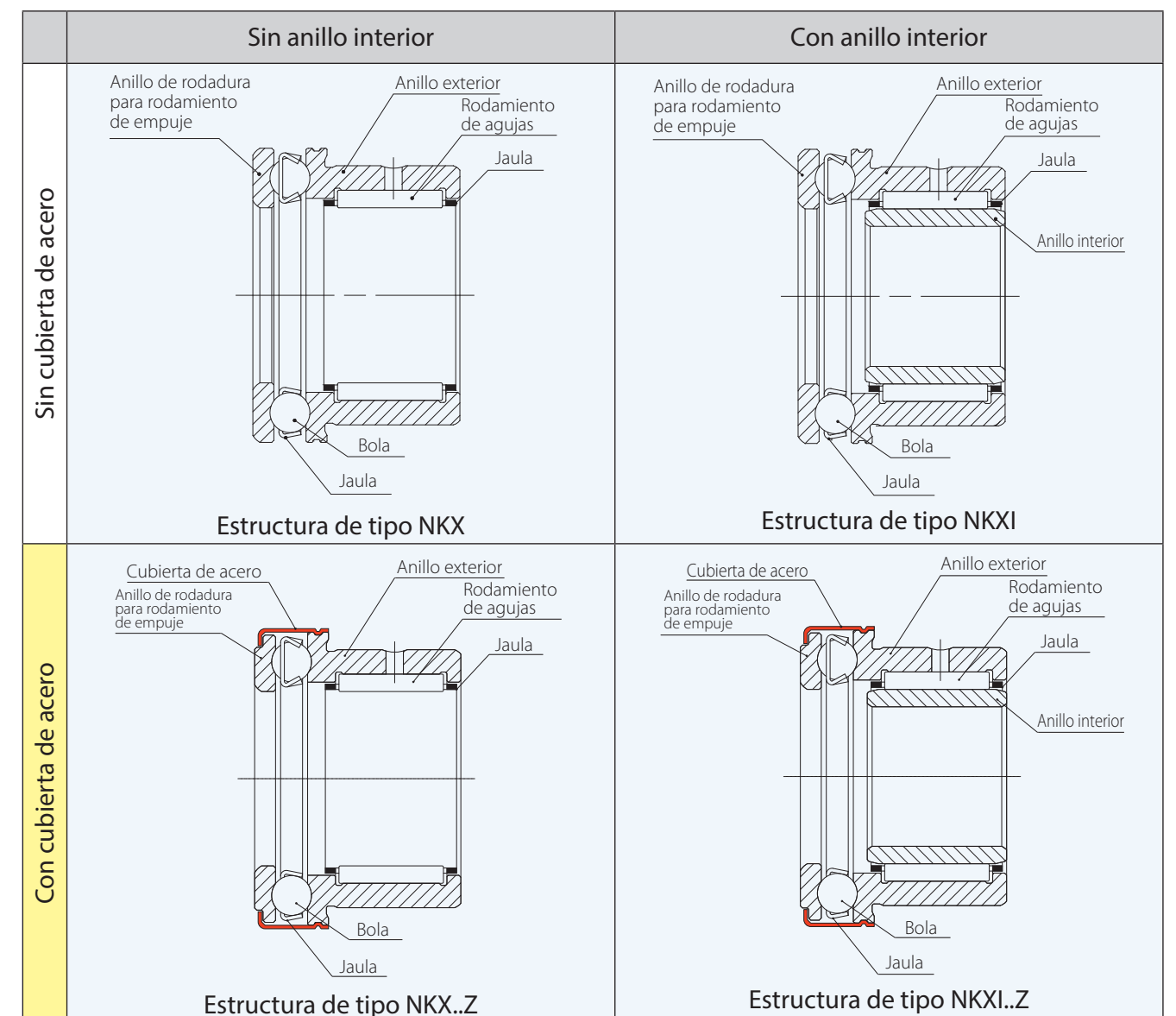
Los rodamientos de agujas combinados están hechos de la combinación de rodamientos de agujas radiales y rodamientos de bolas de empuje que soportan la carga radial y la carga axial respectivamente al mismo tiempo.

Esta propiedad y el empaque compacto de los rodamientos de agujas combinados permiten un diseño de equipo más compacto.

Además, el rodamiento de agujas combinado con cubierta antipolvo mantiene el rodamiento de empuje intacto con el rodamiento de agujas, lo cual permite un manejo más fácil. Al engrasar, también se puede prevenir la salpicadura causada por la fuerza centrífuga dentro del rodamiento de empuje.



C_a : Carga axial
 C_r : Carga radial



Estándar de precisión

Consulte la página 24 con respecto a las precisiones para la sección radial de los rodamientos de agujas combinados. En la Tabla 1 se indica las precisiones de la sección de empuje.

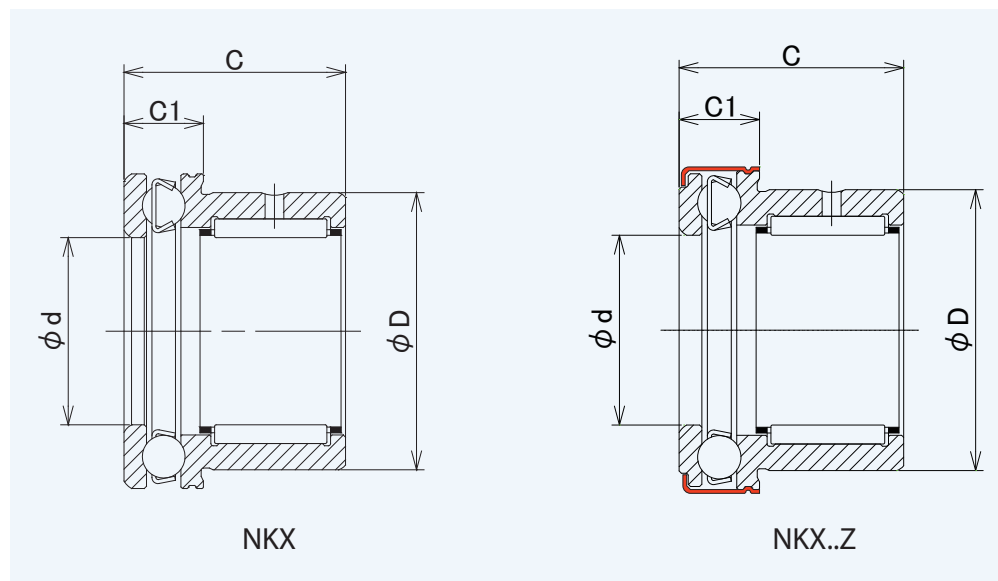
Tabla 1 Precisiones de la sección de empuje Unidad: μm

Código de pieza	Anillo interior		Anillo exterior			Anillo interior/Anillo exterior			
	Δ_{dmp} Desviación de diámetro interior medio en un plano único	V_{dsp} Variación de diámetro interior en un plano único	Δ_{Dmp} Desviación de diámetro exterior medio en un plano único		V_{Dsp} Variación de diámetro exterior en un plano único	Si/Se Variación del grosor de la pista			
			alta	baja		Clase 0	Clase 6	Clase 5	
	alta	baja	máx.	alta	baja	máx.	máx.		
NKX10 a 15(Z) NKXI7 a 12(Z)	0	-8	6	0	-11	8	10	5	3
NKX17 a 30(Z) NKXI14 a 25(Z)	0	-10	8	0	-13	10	10	5	3
NKX35 a 50(Z) NKXI30 a 45(Z)	0	-12	9	0	-16	12	10	6	3
NKX60 a 70(Z) NKXI50 a 60(Z)	0	-15	11	0	-19	14	10	7	4

En la Tabla 2 se indica las precisiones de los rodamientos montados.

Tabla 2 Precisión del rodamiento montado Unidad: mm

d	D	C	C1
E7 (precisión de ajuste)	h5 (precisión de ajuste)	MÁX. 0 MÍN. -0.25	MÁX. 0 MÍN. -0.2



Juego radial interno

En la Tabla 3 se indica el juego radial interno de los rodamientos de agujas combinados con anillo interior (NKXI).

Tabla 3 Juegos radiales internos Unidad: μm

Código de pieza	Juego radial interno	
	mín.	máx.
NKXI 7 a 25	20	45
NKXI 30 a 40	25	50
NKXI 45 a 50	30	60
NKXI 60	40	70
NKXI 70	40	75

Ajustes

En la Tabla 4 se indica los ajustes recomendados entre el rodamiento de agujas combinado y el eje y el alojamiento.

Tabla 4 Ajustes recomendados Unidad: μm

Tolerancia del eje		Tolerancia del alojamiento
Sin anillo interior	Con anillo interior	
h5 k5	k5	K6, M6

Lubricación

Consulte la página 43 - 7 Lubricación con respecto a la lubricación de las secciones radial y de empuje de los rodamientos de agujas combinados. Tanto para el periodo con una cubierta antipolvo como sin ella, la grasa se prerrellena en la sección de empuje antes del envío de fábrica.

Vida útil

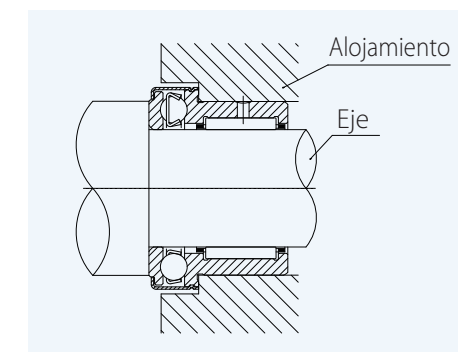
Calcule la vida útil nominal de los rodamientos de agujas radiales y de los rodamientos de bolas de empuje, respectivamente, utilizando la fórmula en la página 12 - 1 Vida útil de los rodamientos y capacidad de carga. Suponga que el rodamiento de agujas radial soporta el elemento radial de carga mientras que el rodamiento de bolas de empuje soporta el elemento de empuje. La vida útil global se calcula mediante los resultados de los cálculos respectivos en la siguiente fórmula.

$$L = \left[\left(\frac{1}{L_a} \right)^{3/2} + \left(\frac{1}{L_r} \right)^{3/2} \right]^{-2/3} \dots \dots \dots (0.0)$$

- L : La vida útil efectiva básica de los rodamientos de agujas combinados es de 10^6 rotación
- L_r : La vida útil efectiva básica de los rodamientos de agujas radiales es de 10^6 rotación
- L_a : La vida útil efectiva básica de rodamientos de bolas de empuje es de 10^6 rotación

Montaje

El siguiente es un ejemplo de montaje de rodamiento de agujas combinado. El alojamiento de la sección de empuje y su juego deben ser de 0.5 mm o mayor que el diámetro exterior de los bordes del anillo exterior (NKX (I)) y el diámetro exterior de la cubierta antipolvo (NKX (I)..Z).





ANILLOS INTERIORES



Anillo interior (IR, IRZ)

Tipo y código de pieza

Tipo	Diámetro de eje aplicable	Características	Código de pieza
 IR	$\phi 5 \sim \phi 160$	Anillo interior (sin orificio de lubricación)	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <u>IR</u> ↓ Tipo </div> <div style="text-align: center;"> <u>25</u> ↓ Diámetro interior </div> <div style="text-align: center;"> <u>30</u> ↓ Diámetro exterior </div> <div style="text-align: center;"> <u>17</u> ↓ Anchura </div> </div>
 IRZ	$\phi 10 \sim \phi 50$	Anillo interior (con orificio de lubricación)	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <u>IRZ</u> ↓ Tipo </div> <div style="text-align: center;"> <u>25</u> ↓ Diámetro interior </div> <div style="text-align: center;"> <u>30</u> ↓ Diámetro exterior </div> <div style="text-align: center;"> <u>18</u> ↓ Anchura </div> </div>

Estructura y características

En el caso de rodamientos de agujas, el eje normalmente se somete a un tratamiento térmico y se le da un acabado de esmerilado antes de que se utilice como superficie de la pista de rodadura; sin embargo, se utilizan anillo interior si la dureza y la rugosidad especificadas no se pueden alcanzar.

Los anillo interior, después de ser sometidos a un tratamiento térmico, reciben un acabado de esmerilado de alta precisión. Las superficies de los extremos están biseladas para permitir una fácil inserción en el rodamiento y evitar daños en el sello. Dependiendo de las condiciones de uso, puede seleccionar opciones de anillo interior con orificios de aceite o sin orificios de aceite.

Es preferible usar anillo interior anchos en los casos en los que el eje se desplace mucho en sentido axial o si se usa un sello en el exterior del rodamiento.

Los anillo interior también se pueden utilizar como bujes.

