B.4 Lubricación

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

B.4 Lubricación

Selección de grasa o aceite **110**
Diagrama de flujo y criterios de selección de la lubricación. 110
Cálculo del intervalo de relubricación para la grasa. 111
Intervalos de relubricación 112
Ajustes para los intervalos de relubricación. 112
Determinación de la cantidad de grasa para el llenado inicial y la relubricación. 112
Procedimientos de relubricación 114

Selección de una grasa adecuada. **116**
Selección de una grasa SKF adecuada. 116
Uso de LubeSelect y las reglas de selección. 116
El concepto del semáforo de SKF para el rendimiento de las grasas según la temperatura 117
Factores y consideraciones adicionales a la hora de seleccionar una grasa 118
Evaluación de la idoneidad de grasas de marcas diferentes de SKF 118
Sistemas de lubricación 120

Selección de un aceite adecuado. **120**
Criterios de selección del aceite 120
Viscosidad e índice de viscosidad 120
Tipo de aceite 120
Aditivos 121
Intervalo de cambio de aceite 121
Información general de los principales métodos de lubricación con aceite 122

Tabla de selección de grasas para los rodamientos SKF **124**

Especificaciones técnicas de las grasas SKF **126**

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

B.4 Lubricación

Para que los rodamientos funcionen de manera confiable, deben lubricarse correctamente. El lubricante es necesario para reducir la fricción, impedir el desgaste, proteger las superficies del rodamiento contra la corrosión y también puede ser necesario para proporcionar refrigeración. En esta sección se describe:

- cómo seleccionar entre grasa o aceite
- cómo seleccionar una grasa adecuada
- cómo seleccionar un aceite adecuado

Para obtener información sobre lubricación de los rodamientos sellados, consulte las secciones de los productos correspondientes.

Cómo se relaciona la lubricación con otros criterios de selección

La selección de la lubricación y las propiedades del lubricante influyen en gran medida en la temperatura de funcionamiento, lo que a su vez influye en:

- si se debe usar grasa o aceite
- el intervalo de relubricación requerido para la grasa
- si es necesaria la lubricación con aceite, porque la circulación de aceite puede usarse para eliminar el calor
- la condición de lubricación, la relación de viscosidad, κ, que influye en la selección del tamaño del rodamiento basada en la vida nominal SKF

Selección de grasa o aceite

El primer paso en el proceso de selección de la lubricación es decidir si se usará grasa o aceite. En la mayoría de los casos, la grasa es la elección adecuada para los rodamientos abiertos.

Diagrama de flujo y criterios de selección de la lubricación

En el **diagrama 1**, se muestra un diagrama de flujo para ayudar a seleccionar el método de lubricación correcto.

Las principales razones para elegir grasa son:

- rentabilidad
- simplicidad: la grasa se retiene con facilidad en el rodamiento y el soporte, por lo que requiere disposiciones de sellado menos complicadas en comparación con las de lubricación con aceite

Las principales excepciones para elegir grasa son las aplicaciones en las que:

- las condiciones de funcionamiento requieren un intervalo de relubricación con grasa inaceptablemente corto
- debe usarse aceite lubricante por otros motivos (como en las cajas de engranajes)
- se requiere eliminación del calor mediante la circulación de aceite
- el purgado o la eliminación de la grasa usada resultan engorrosos o su manejo es costoso

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Cálculo del intervalo de relubricación para la grasa

La grasa lubricante se degrada poco a poco y, por lo tanto, tiene una vida útil limitada. La vida útil de la grasa depende de las condiciones de funcionamiento del rodamiento y del tipo de grasa. Por lo tanto, los rodamientos deben relubricarse si:

- la vida útil de la grasa es inferior a la vida útil especificada del rodamiento
- la grasa se contamina

Es importante calcular el intervalo de relubricación con grasa y, si es inaceptablemente corto, a menos que utilice engrasado automático (centralizado) (*Sistemas de lubricación*, **página 120**), en su lugar deberá elegir aceite.

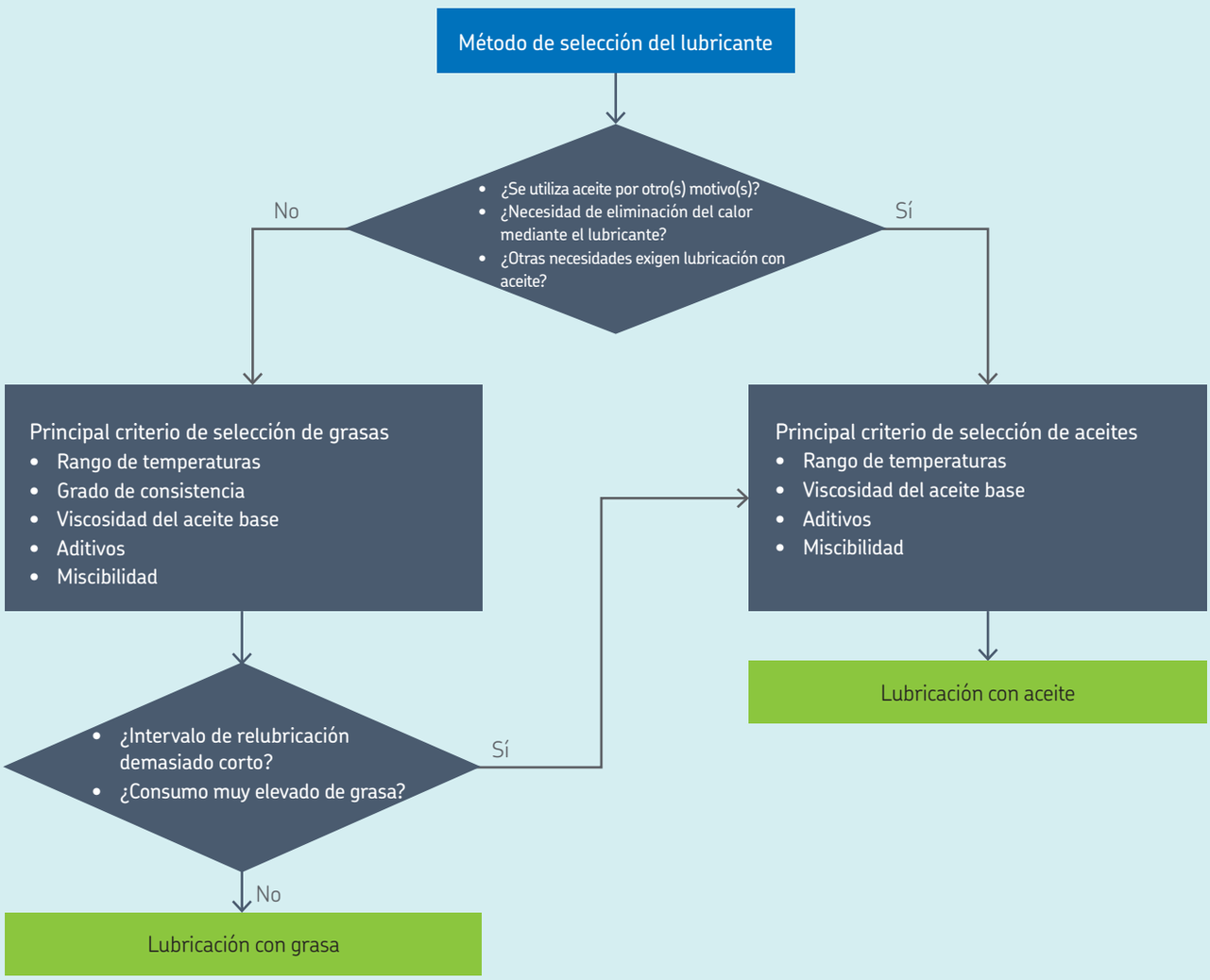
La relubricación deberá producirse con la frecuencia suficiente para evitar que el deterioro de la grasa tenga un efecto adverso en la vida útil del rodamiento. Por lo tanto, el intervalo de relubricación SKF, t_f, se define como el período al final del cual solo hay un 1% de probabilidad de que el rodamiento falle debido a la degradación de la grasa. Esto representa la vida L_1 de las grasas. La vida útil de la grasa, L_{10}, representa una probabilidad del 10% de falla debido a la degradación de la grasa. La vida útil de la grasa depende principalmente de lo siguiente:

- el tipo y el tamaño del rodamiento
- la velocidad
- la relación de la carga C/P
- la temperatura de funcionamiento
- el tipo de grasa

Por norma general, las grasas estándares tienen un límite superior práctico de temperatura de 100 °C *(210 °F)* en el aro con la temperatura más elevada. Por encima de esta temperatura, deben usarse grasas especiales o sistemas de engrasado automáticos (centralizados); de lo contrario, normalmente la vida útil de la grasa será demasiado corta.

Diagrama 1

Proceso para seleccionar un método de lubricación adecuado para rodamientos abiertos



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Intervalos de relubricación

Utilice el **diagrama 2** para calcular los intervalos de relubricación t_f. El diagrama es válido para los rodamientos con un aro interior giratorio en ejes horizontales y en condiciones de funcionamiento normales y limpias, mediante:

- el factor nd_m multiplicado por el factor del rodamiento b_f correspondiente, donde
  - n = velocidad de giro [r. p. m.]
  - d_m = diámetro medio del rodamiento [mm] = 0,5 (d + D)
  - b_f = factor del rodamiento que depende del tipo de rodamiento y las condiciones de carga (**tabla 1**)
- la relación de carga C/P

El intervalo de relubricación t_f es la cantidad calculada de horas de funcionamiento adecuado de una grasa de jabón de litio de buena calidad con un aceite base mineral a una temperatura de funcionamiento de 70 °C *(160 °F)*. Las grasas de alto rendimiento pueden prolongar los intervalos de relubricación y la vida útil de la grasa.

Los intervalos de relubricación que se indican en el **diagrama 2** deben ajustarse según la **tabla 2**, **página 115**.

En los casos en que el factor de velocidad, nd_m, supera el 70% de los límites recomendados (**tabla 1**), compruebe la influencia del lubricante seleccionado en la temperatura y velocidad de funcionamiento.

En la práctica, los intervalos de relubricación superiores a 30 000 h no son confiables, porque los intervalos tan largos superan la vida de rendimiento previsible (debido al envejecimiento del lubricante) de la mayoría de las grasas.

Ajustes para los intervalos de relubricación

Diversos ajustes para los intervalos de relubricación en distintas condiciones de funcionamiento se describen en la **tabla 2**. También puede calcular los intervalos de lubricación mediante la *SKF Bearing Calculator* (skf.com/bearingcalculator).

Determinación de la cantidad de grasa para el llenado inicial y la relubricación

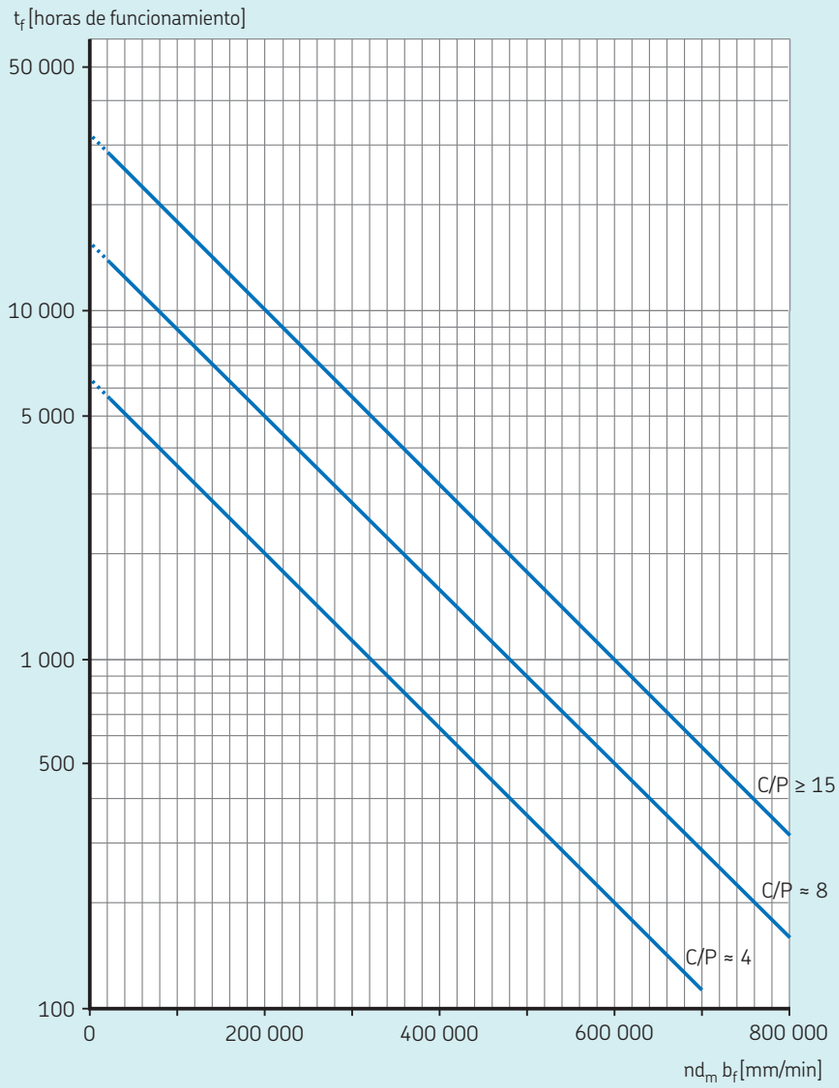
Comúnmente, el volumen libre de los rodamientos se llena completamente durante la instalación y el volumen libre de los soportes de pie SKF se llena parcialmente. SKF recomienda que el volumen libre a cada lado del rodamiento en un soporte diseñado por el cliente sea igual al volumen libre del rodamiento. Para los rodamientos con una jaula metálica, el volumen libre en el rodamiento es aproximadamente

$$V = \frac{\pi}{4} B (D^2 - d^2) \times 10^{-3} - \frac{M}{7{,}8 \times 10^{-3}}$$

donde
V = volumen libre en el rodamiento [cm^3] (para la grasa estándar, la masa en gramos multiplicada por 0,9; para la grasa fluorada, la masa en gramos multiplicada por aproximadamente 2)
B = ancho del rodamiento [mm]
D = diámetro exterior [mm]
d = diámetro del agujero [mm]
M = masa del rodamiento [kg]

Diagrama 2

Intervalos de relubricación a temperaturas de funcionamiento de 70 °C *(160 °F)*



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Para los rodamientos sin jaulas metálicas, la fórmula da una ligera sobrestimación.

Según el método previsto de relubricación, SKF recomienda:

- relubricación desde la parte lateral del rodamiento (**fig. 1, página 114**)
  - llenado inicial: 40% del volumen libre en el soporte
  - cantidad de reposición: G_p = 0,005 D B
- relubricación a través de los orificios situados en el centro del aro interior o exterior (**fig. 2**, **página 114**)
  - llenado inicial: 20% del volumen libre en el soporte
  - cantidad de reposición: G_p = 0,002 D B

donde
G_p = cantidad de grasa que se debe añadir durante la reposición [g]
D = diámetro exterior del rodamiento [mm]
B = ancho total del rodamiento [mm] (para rodamientos de rodillos cónicos, use T; para rodamientos axiales, use altura H)

Durante el período de rodaje, el exceso de grasa se distribuye o sale del rodamiento. Al final del período de rodaje, la temperatura de funcionamiento desciende, lo que indica que la grasa se ha distribuido.

En las aplicaciones en las que los rodamientos funcionan a velocidades muy bajas y donde es necesario contar con una buena protección contra los contaminantes y la corrosión, SKF recomienda llenar del 70% al 100% del soporte con grasa.

Tabla 1

Factores de los rodamientos y límites recomendados para nd_m

Tipo de rodamiento[1]	**Factor del rodamiento** b_f	**Límites recomendados de nd_m para relación de carga** C/P ≥ 15	C/P ≈ 8	C/P ≈ 4
–	–	mm/min		
Rodamientos rígidos de bolas	1	500 000	400 000	300 000
Rodamientos de bolas de contacto angular	1	500 000	400 000	300 000
Rodamientos de bolas a rótula	1	500 000	400 000	300 000
Rodamientos de rodillos cilíndricos				
– rodamiento libre	1,5	450 000	300 000	150 000
– rodamiento fijo, sin cargas axiales externas o con cargas axiales ligeras pero alternantes	2	300 000	200 000	100 000
– rodamiento fijo con carga axial ligera en constante movimiento	4	200 000	120 000	60 000
– sin jaula, completamente lleno de rodillos[2]	4	NA[3]	NA[3]	20 000
Rodamientos de agujas				
– con jaula	3	350 000	200 000	100 000
Rodamientos de rodillos cónicos	2	350 000	300 000	200 000
Rodamientos de rodillos a rótula				
– si la relación de carga $F_a/F_r \leq e$ y $d_m \leq 800$ mm				
series 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
series 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
serie 241	2	150 000	80 000	50 000
– si la relación de carga $F_a/F_r \leq e$ y $d_m > 800$ mm				
series 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
series 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
serie 241	2	100 000	50 000	30 000
– si la relación de carga $F_a/F_r > e$ todas las series	6	150 000	50 000	30 000
Rodamientos de rodillos toroidales CARB				
– con jaula	2	350 000	200 000	100 000
– sin jaula, completamente lleno de rodillos[2]	4	NA[3]	NA[3]	20 000
Rodamientos axiales de bolas	2	200 000	150 000	100 000
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	10	100 000	60 000	30 000
Rodamientos axiales de agujas	10	100 000	60 000	30 000
Rodamientos axiales de rodillos a rótula				
– arandela de eje giratoria	4	200 000	120 000	60 000

1) Los factores del rodamiento y los límites recomendados de nd_m se aplican a los rodamientos con una geometría interna y una versión de la jaula estándares. Para diseños internos alternativos del rodamiento y versiones especiales de la jaula, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
2) El valor t_f obtenido en el **diagrama 2** debe ser dividido por un factor de 10.
3) No corresponde, ya que se recomienda utilizar un rodamiento con jaula para estos valores de C/P.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Procedimientos de relubricación

Seleccione un procedimiento de relubricación que se adapte a la aplicación y al intervalo de relubricación t_f. SKF recomienda llevar a cabo uno de los siguientes procedimientos:

- **Relubricación manual mediante reposición**
  es un procedimiento conveniente. Permite un funcionamiento sin interrupciones y ofrece una temperatura constante más baja en comparación con la relubricación continua.

- **Relubricación automática (centralizada)**
  evita los problemas de rendimiento relacionados con el exceso como la falta de grasa. Este también se utiliza, por lo general, en los casos en que hay varios puntos para lubricar, o donde es difícil acceder a las posiciones, o cuando el equipo se opera de manera remota y sin personal de mantenimiento (**diagrama 3**).

- **Lubricación continua**
  se usa cuando los intervalos de relubricación calculados son cortos debido a los efectos adversos de la contaminación muy severa. La lubricación continua de aplicaciones se recomienda, normalmente, con valores de nd_m < 150 000 para los rodamientos de bolas y < 75 000 para los rodamientos de rodillos. En estos casos, el llenado inicial de grasa del soporte puede ser del 70% al 100% (según la condición de funcionamiento y el sello del soporte), y la cantidad para la relubricación por unidad de tiempo se obtiene de las ecuaciones de G_p (*Determinación de la cantidad de grasa para el llenado inicial y la relubricación*, **página 112**) repartiendo la cantidad necesaria durante el intervalo de relubricación.

Debe estar previsto que la grasa usada se purgue del soporte. Si es necesario purgar un exceso de grasa usada del soporte, los sellos rozantes deben permitirlo (considerar el tipo de sello y la orientación de los sellos). De lo contrario, debe existir un orificio de escape en el soporte; las tuberías no están permitidas, porque pueden restringir la salida de la grasa. Durante los lavados con agua a alta presión, se debe tapar el orificio de escape.

En los casos en que se utilizan rodamientos diferentes en una disposición de rodamientos, es una práctica habitual aplicar el menor intervalo de relubricación calculado para todos los rodamientos de la disposición.

Fig. 1

Relubricación desde el lateral

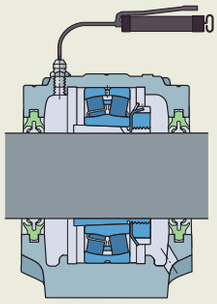


Fig. 2

Relubricación en el centro

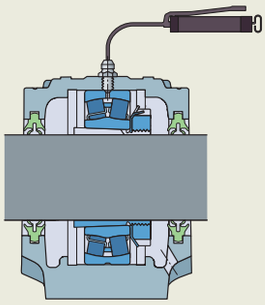
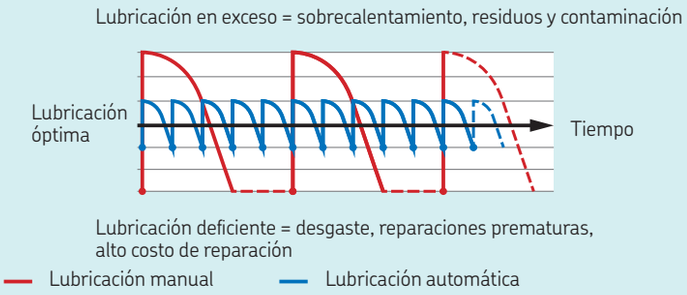


Diagrama 3

Método de relubricación y su impacto en el rendimiento



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 2

Ajustes del intervalo de relubricación

Condición de funcionamiento / tipo de rodamiento	Descripción	Ajuste recomendado de t_f	Motivo del ajuste
Temperatura de funcionamiento	Por cada 15 °C *(27 °F)* por encima de 70 °C *(160 °F)* hasta el límite superior de temperatura (HTL)	La mitad del intervalo	Para justificar el envejecimiento acelerado de la grasa con el aumento de la temperatura
	Para 15 °C *(27 °F)* por debajo de 70 °C *(160 °F)*	El doble del intervalo (una vez como máximo)[1]	Para justificar el riesgo reducido de envejecimiento de la grasa con el descenso de la temperatura
Orientación del eje	Rodamientos montados sobre un eje vertical	La mitad del intervalo	La grasa tiende a escapar por efecto de la gravedad
Vibración	Altos niveles de vibración o aceleración	Reducción del intervalo	Intervalo reducido en función de las instrucciones específicas de la máquina (p. ej., criba vibratoria)
Giro del aro exterior	Giro del aro exterior o peso del eje excéntrico	Calcule la velocidad como nD más que como nd_m	En estas condiciones, la grasa tiene una vida útil más corta
Contaminación	Contaminación o presencia de contaminantes líquidos	Ajuste en función del nivel de contaminación: **Baja** Los intervalos de relubricación se indican según la vida útil de la grasa. Se supone que el ingreso de contaminación en el rodamiento será muy bajo o nulo. **Mediana** Algunos contaminantes pueden ingresar al rodamiento. Se necesita relubricación adicional para eliminar los contaminantes. **Alta** Existe un claro riesgo de que los contaminantes ingresen en el rodamiento. Se necesita relubricación para eliminar la grasa envejecida y para eliminar los contaminantes. **Grave** La relubricación es necesaria, principalmente, para limpiar el rodamiento y eliminar los contaminantes.	Para reducir los efectos perjudiciales provocados por los contaminantes
Tamaño del rodamiento	Rodamientos con un diámetro del agujero d > 300 mm	Inicialmente, reduzca el intervalo por un factor 0,5. Si las muestras de grasa obtenidas antes de la relubricación resultan satisfactorias, se puede incrementar gradualmente el intervalo de relubricación.	Estas son disposiciones generalmente críticas, que requieren estrictos programas de relubricación frecuente
Rodamientos de rodillos cilíndricos	Rodamientos equipados con jaulas J, JA, JB, MA, MB, ML, MP y PHA[2]	La mitad del intervalo	Estos diseños de jaula requieren mayor separación de aceite de la grasa

[1] Para los rodamientos axiales y completamente llenos de elementos rodantes, no amplíe el intervalo.
[2] Para las jaulas P, PH, M y MR, no hay necesidad de realizar ajustes.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Selección de una grasa adecuada

Selección de una grasa SKF adecuada

La gama de grasas SKF para rodamientos ofrece la elección adecuada para la mayoría de aplicaciones. Estas grasas se han desarrollado conforme a los conocimientos más recientes sobre lubricación de los rodamientos y su calidad se monitorea constantemente.

Uso de LubeSelect y las reglas de selección

SKF LubeSelect es una herramienta en línea que enumera las grasas SKF que cumplen las exigencias de sus condiciones de funcionamiento específicas. El análisis realizado mediante esta herramienta está basado en unas reglas de selección generalizadas que han sido cuidadosamente establecidas por los expertos en lubricación de SKF.

Las mismas reglas de selección se utilizan en la *Tabla de selección de grasas para los rodamientos SKF*, **página 124**, en la que los rangos de velocidad, temperatura y carga se utilizan como parámetros principales de funcionamiento para seleccionar una grasa adecuada.

Las especificaciones técnicas más importantes para las grasas SKF se encuentran en *Especificaciones técnicas para las grasas SKF*, **página 126**.

Rangos de temperatura, velocidad y carga para la selección de grasas

Los términos utilizados para especificar los rangos de temperatura, velocidad y carga, para rodamientos lubricados con grasa, se definen en la **tabla 3** a la **tabla 5**.

Tabla 3

Rangos de temperatura de las grasas

Gama		Temperatura	
–		°C	°F
L	Baja	< 50	*< 120*
M	Mediana	de 50 a 100	*de 120 a 210*
H	Alta	> 100	*> 210*
EH	Extremadamente alta	> 150	*> 300*

Tabla 5

Rangos de carga de las grasas

Rango de carga		Relación de carga C/P
L	Baja	≥ 15
M	Mediana	≈ 8
H	Alta	≈ 4
VH	Muy alta	< 2

Tabla 4

Rangos de velocidad para rodamientos radiales lubricados con grasa

Rango de velocidad		Factor de velocidad		
		Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos a rótula, de rodillos cónicos, de rodillos toroidales CARB	Rodamientos de rodillos cilíndricos
		nd_m		
–		mm/min		
MB	Muy baja	–	< 30 000	< 30 000
L	Baja	< 100 000	< 75 000	< 75 000
M	Mediana	< 300 000	≤ 210 000	≤ 270 000
H	Alta	< 500 000	> 210 000	> 270 000
VH	Muy alta	≤ 700 000	–	–
EH	Extremadamente alta	> 700 000	–	–

n = velocidad de giro [r. p. m.]
d_m = diámetro medio del rodamiento [mm] = 0,5 (d + D)

Consistencia, NLGI

La consistencia es una medida de la rigidez de la grasa. La clasificación de las grasas por su consistencia cumple con la norma ISO 2137 del Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (National Lubricating Grease Institute, NLGI). Habitualmente, las grasas con un espesante de jabón metálico y un grado de consistencia 1, 2 o 3 (de blanda a rígida) en la escala NLGI se utilizan para los rodamientos. Las grasas que se utilizan más comúnmente tienen una consistencia de grado 2.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Estabilidad mecánica

Durante el giro del rodamiento, la grasa se ve sometida a trabajo mecánico, lo que puede dar lugar a un cambio en la consistencia. A esta propiedad se la conoce como estabilidad mecánica de la grasa y se mide en pruebas estandarizadas, ASTM D217 y/o ASTM D1831. Las grasas que se ablandan pueden escapar de la cavidad del rodamiento. Las grasas que se endurecen pueden restringir el giro del rodamiento o limitar la separación de aceite. La estabilidad mecánica no debería sufrir cambios drásticos si el funcionamiento tiene lugar dentro del rango de temperatura específico de la grasa.

Protección contra la corrosión

En aplicaciones en las que exista agua o condensación, son muy importantes las propiedades anticorrosivas de la grasa. La capacidad anticorrosiva está determinada por las propiedades del aditivo antioxidante y/o del tipo de espesante. El rendimiento se mide mediante la prueba EMCOR, ISO 11007. Para aplicaciones en las que exista agua o condensación, el resultado debe ser 0-0.

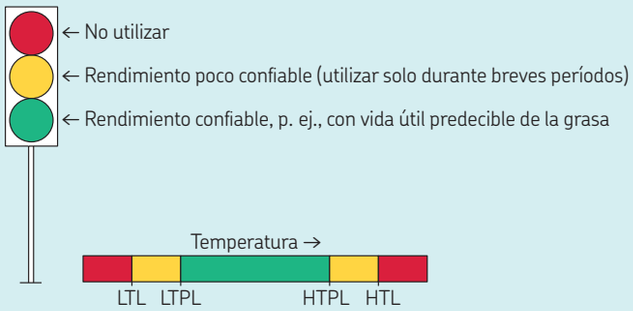
El concepto del semáforo de SKF para el rendimiento de las grasas según la temperatura

El rango de temperaturas al que se puede usar una grasa depende, principalmente, del tipo de aceite base, del espesante y de los aditivos. Los límites de temperatura correspondientes se ilustran esquemáticamente en el **diagrama 4** en forma de semáforo doble, con más detalles en el **diagrama 5**.

- El límite inferior de temperatura (low temperature limit, LTL) está determinado por la prueba de par de fricción a baja temperatura según ASTM D1478 o IP 186. El LTL está determinado por la temperatura a la que el par de arranque es igual a 1 000 Nmm y el par de funcionamiento es de 100 Nmm.
- El límite superior de temperatura (high temperature limit, HTL) es la temperatura a la que la grasa pierde su consistencia y se fluidifica. Se determina mediante el punto de goteo (ISO 2176).

Diagrama 4

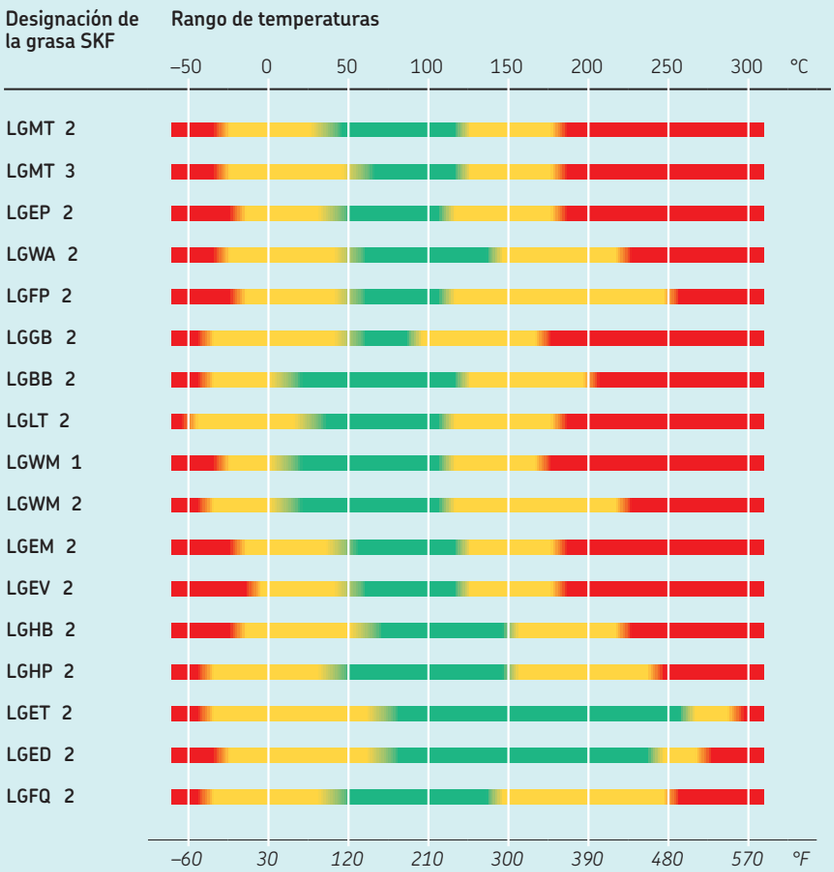
El concepto del semáforo de SKF



LTL Límite inferior de temperatura
LTPL Límite inferior de temperatura para un rendimiento eficaz
HTPL Límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz
HTL Límite superior de temperatura

Diagrama 5

Concepto del semáforo de SKF: grasas SKF[1)]



[1)] Los límites inferiores de temperatura para un rendimiento eficaz (LTPL) son válidos para los rodamientos de rodillos. Los valores de LTPL para los rodamientos de bolas son aprox. 20 °C (*35 °F*) inferiores.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Los límites inferior y superior de temperatura para un funcionamiento confiable, indicados en la zona verde del **diagrama 4**, **página 117**, son:

- límite inferior de temperatura para un rendimiento eficaz (low temperature performance limit, LTPL), definido como la temperatura a la que la grasa deja de mostrar suficiente separación de aceite según la medición en DIN 51817. Los valores de LTPL para los rodamientos de rodillos se indican en el **diagrama 5**, **página 117**. Los valores de LTPL para los rodamientos de bolas son aproximadamente 20 °C (*35 °F*) inferiores.
- límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz (high temperature performance limit, HTPL), determinado mediante la prueba ROF de vida útil de la grasa SKF

Dentro de estos dos límites, las grasas cumplen su función de manera confiable y el intervalo de relubricación o la vida útil de la grasa son previsibles. Puesto que no existe una definición estandarizada a nivel internacional para los límites de temperatura para un rendimiento eficaz, se debe tener precaución a la hora de interpretar los datos de proveedores de grasas que no sean SKF.

A temperaturas por encima del límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz (HTPL), la grasa se degrada con mayor rapidez. Por lo tanto, las temperaturas de la zona ámbar, entre el límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz (HTPL) y el límite superior de temperatura (HTL), solo deben tener lugar durante períodos muy breves.

También hay una zona ámbar para temperaturas bajas, entre el límite inferior de temperatura (LTL) y el límite inferior de temperatura para un rendimiento eficaz (LTPL). En esta zona, las temperaturas son demasiado bajas para ofrecer suficiente separación de aceite. El ancho de la zona ámbar depende del tipo de grasa y el tipo de rodamiento. Se pueden producir daños graves cuando los rodamientos funcionan de forma continua por debajo del LTPL. Por lo general, no se producen daños cuando los períodos en esta zona son cortos, p. ej., durante el arranque en frío, ya que el calor originado por la fricción llevará la temperatura del rodamiento a la zona verde.

Factores y consideraciones adicionales a la hora de seleccionar una grasa

Verifique la condición de lubricación; considere utilizar aditivos para presión extrema (Extreme Pressure, EP) y antidesgaste (Anti-Wear, AW)

La condición de lubricación, κ, se evalúa mediante el uso de la viscosidad del aceite base como se describe en *Condición de lubricación: la relación de viscosidad, κ*, **página 102**. En el dominio de condiciones de lubricación definido por κ inferior a 1, se recomienda utilizar aditivos EP/AW.

Los aditivos EP/AW del tipo azufre/fósforo, que son los que más se utilizan actualmente, también pueden tener un efecto negativo en la vida a fatiga de los rodamientos. Esto se debe a que, en presencia de humedad, algo que nunca puede evitarse totalmente, se producen ácidos de azufre y fósforo que inducen un proceso químico más agresivo en el contacto de rodadura. Este efecto aumenta con la temperatura y, para temperaturas superiores a 80 °C *(175 °F)*, solo se debe utilizar un lubricante con aditivos EP/AW luego de una evaluación minuciosa. Las grasas SKF se han sometido a pruebas y pueden utilizarse por encima de los 80 °C *(175 °F)* hasta alcanzar el HTPL.

Velocidades bajas

Los rodamientos que funcionan a velocidades muy bajas a bajas (**tabla 4, página 116**) y están sometidos a cargas elevadas deben lubricarse con grasas que contengan aceite base de alta viscosidad y aditivos EP. El espesante debe contribuir a la separación de la superficie. La suficiente separación de aceite debe asegurar la reposición de aceite durante el funcionamiento.

Los aditivos sólidos, como el grafito o el bisulfuro de molibdeno (MoS_2), deben considerarse para un factor de velocidad nd_m < 20 000 mm/min. La grasa SKF LGEV2 se utiliza de manera satisfactoria hasta nd_m = 80 000.

Rodamientos con cargas elevadas y muy elevadas

Para los rodamientos que están sometidos a una relación de carga C/P < 4, el intervalo de relubricación calculado puede reducirse hasta el punto en que se recomienda utilizar la relubricación continua o lubricación con aceite.

Miscibilidad con otras grasas

Si es necesario cambiar de un tipo de grasa a otro, hay que tener en cuenta la miscibilidad de las grasas y su capacidad para mezclarse sin efectos adversos (**tabla 6** y **tabla 7**). Si se mezclan grasas incompatibles, la consistencia que se obtiene de la mezcla de grasas puede cambiar de manera muy drástica, lo que puede causar daños en el rodamiento debido a fugas graves. Tenga en cuenta que las grasas con espesante de PTFE son incompatibles con otros tipos de grasas.

Miscibilidad con aceites conservantes

Los aceites conservantes con los que se tratan los rodamientos SKF son compatibles con la mayoría de las grasas lubricantes, a excepción de las grasas a base de aceite sintético fluorado que utilizan un espesante de PTFE, por ejemplo, la grasa SKF LGET 2. En el caso de las grasas con espesante de PTFE, se debe retirar el conservante del rodamiento antes de aplicar la grasa. Como disolvente, se recomienda utilizar aguarrás. Asegúrese de que todos los restos de disolvente se hayan evaporado y, a continuación, aplique inmediatamente la grasa.

Evaluación de la idoneidad de grasas de marcas diferentes de SKF

Las grasas de proveedores distintos de SKF deben estar aprobadas por el proveedor. Utilice el **diagrama 6**, **página 120**, para evaluar el rendimiento según la temperatura y la vida útil prevista de la grasa. Cuando corresponda, tenga en cuenta las consideraciones especificadas para las grasas SKF.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 6

Compatibilidad de los tipos de aceite base

	Aceite mineral	Aceite de éster	Poliglicol	Metilsilicona	Fenilsilicona	Polifeniléter	PFPE
Aceite mineral	+	+	–	–	+	o	–
Aceite de éster	+	+	+	–	+	o	–
Poliglicol	–	+	+	–	–	–	–
Metilsilicona	–	–	–	+	+	–	–
Fenilsilicona	+	+	–	+	+	+	–
Polifeniléter	o	o	–	–	+	+	–
PFPE	–	–	–	–	–	–	+

+ compatible
- incompatible
o se requieren pruebas individuales

Tabla 7

Compatibilidad de los tipos de espesante

	Jabón de litio	Jabón de calcio	Jabón de sodio	Jabón complejo de litio	Jabón complejo de calcio	Jabón complejo de sodio	Jabón complejo de bario	Jabón complejo de aluminio	Arcilla	Poliurea
Jabón de litio	+	o	–	+	–	o	o	–	o	o
Jabón de calcio	o	+	o	+	–	o	o	–	o	o
Jabón de sodio	–	o	+	o	o	+	+	–	o	o
Jabón complejo de litio	+	+	o	+	+	o	o	+	–	–
Jabón complejo de calcio	–	–	o	+	+	o	–	o	o	+
Jabón complejo de sodio	o	o	+	o	o	+	+	–	–	o
Jabón complejo de bario	o	o	+	o	–	+	+	+	o	o
Jabón complejo de aluminio	–	–	–	+	o	–	+	+	–	o
Arcilla	o	o	o	–	o	–	o	–	+	o
Poliurea	o	o	o	–	+	o	o	o	o	+

+ compatible
- incompatible
o se requieren pruebas individuales

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Sistemas de lubricación

Se puede lograr la lubricación continua por medio de lubricadores automáticos en un solo punto o en múltiples puntos, p. ej., SYSTEM 24 o SYSTEM MultiPoint de SKF.

Los sistemas de lubricación centralizada, como SKF Monoflex, SKF ProFlex, SKF Duoflex, SKF Multiflex (**tabla 8**) y Lincoln Centro Matic, Quicklub y Dual Line pueden suministrar la grasa en diversas cantidades de manera confiable.

Para obtener más información sobre los sistemas de lubricación SKF, consulte skf.com/lubrication.

Selección de un aceite adecuado

Criterios de selección del aceite

Cuando se selecciona un aceite lubricante, los parámetros más importantes son la viscosidad y el índice de viscosidad, la estabilidad térmica (que influye en la elección del tipo de aceite) y el paquete de aditivos (EP/AW y protección contra la corrosión) que se adapta a las condiciones de funcionamiento de la aplicación.

Viscosidad e índice de viscosidad

La viscosidad necesaria está dada principalmente por la condición de lubricación κ, a la temperatura esperada de funcionamiento, evaluada como se describe en *Condición de lubricación: la relación de viscosidad, κ*, **página 102**. El índice de viscosidad (viscosity index, VI) es la medida de cómo cambia la viscosidad del aceite con la temperatura. El VI forma parte del proceso de selección, en particular para aplicaciones que funcionan en un rango amplio de temperaturas. Se recomienda utilizar aceites con un VI de, al menos, 95.

Tipo de aceite

Existen dos categorías amplias de tipos de aceite, minerales y sintéticos, con los siguientes tipos de aceites sintéticos disponibles:

- polialfaolefinas (PAO)
- ésteres
- poliglicoles (PAG)

La elección del tipo de aceite está determinada principalmente por el rango de temperaturas en que se espera que funcione la aplicación.

- Por lo general, se prefieren los aceites minerales como lubricante para rodamientos.
- Se debe considerar el uso de aceites sintéticos para temperaturas de funcionamiento superiores a 90 °C *(195 °F)*, debido a su mayor resistencia térmica y a la oxidación, o inferiores a –40 °C *(–40 °F)*, debido a sus mejores propiedades a bajas temperaturas.

El punto de fluidez de un aceite se define como la temperatura más baja a la que fluye un lubricante, pero no debe utilizarse como un límite funcional al seleccionar el tipo de aceite. Si la temperatura es apenas superior al punto de fluidez, la viscosidad sigue siendo muy alta, lo que puede perjudicar el bombeo, el filtrado y otras características.

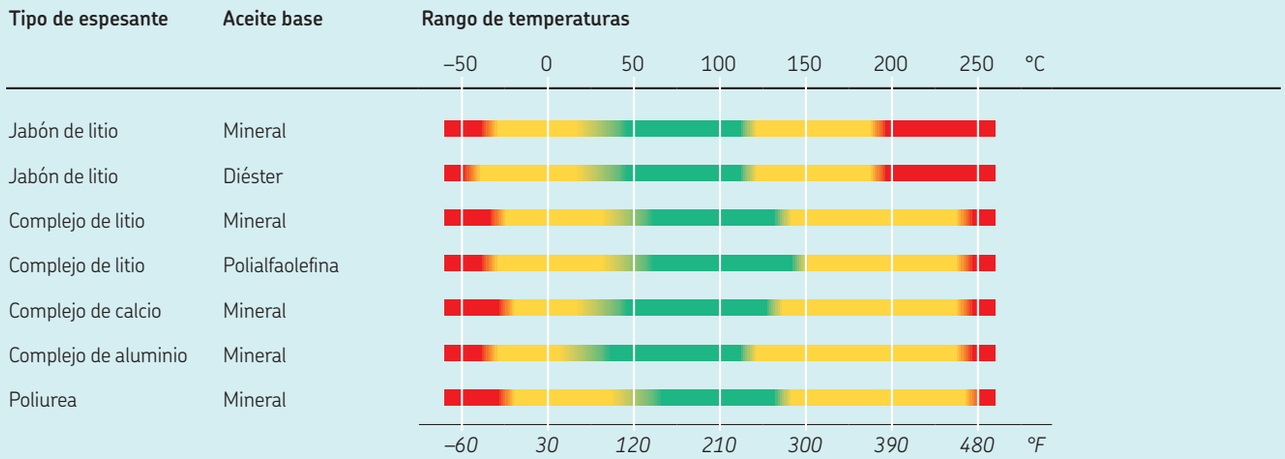
El espesor de la película hidrodinámica está determinado, en parte, por el índice de viscosidad (VI) y el coeficiente de presión/viscosidad. El coeficiente de presión/viscosidad es similar en la mayoría de los lubricantes con base de aceite mineral, y se pueden utilizar valores genéricos obtenidos de la bibliografía. No obstante, en el caso de los aceites sintéticos, la estructura química del aceite base determina el efecto de los aumentos de presión en la viscosidad. Esto hace que exista una variación considerable en los coeficientes de presión/viscosidad para los distintos tipos de aceites base sintéticos.

Debido a las diferencias en el índice de viscosidad y en el coeficiente de presión/viscosidad, cuando se usa un aceite sintético, la formación de una película hidrodinámica de lubricante puede ser diferente que cuando se utiliza un aceite mineral con la misma viscosidad.

Con respecto a la condición de lubricación para aceites minerales y sintéticos, el efecto combinado del índice de viscosidad y el

Diagrama 6

El concepto del semáforo de SKF: grasas estándares



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

coeficiente de presión/viscosidad normalmente se anulan mutuamente.

Las propiedades de los distintos tipos de aceite se resumen en la **tabla 9**. Para obtener más información sobre aceites sintéticos, comuníquese con el proveedor de lubricantes.

Los aceites, en especial los aceites sintéticos, pueden interactuar con elementos tales como los sellos, la pintura o el agua de una manera diferente que los aceites minerales, por lo que tales efectos, así como la miscibilidad, deben ser investigados.

Aditivos

Los aceites lubricantes normalmente contienen aditivos de diversos tipos. Los más importantes son los antioxidantes, agentes de protección contra la corrosión, aditivos antiespumantes y aditivos EP/AW. En el dominio de condiciones de lubricación definido por $\kappa < 1$, se recomienda utilizar aditivos EP/AW, pero para temperaturas superiores a 80 °C *(175 °F)*, solo se debe utilizar un lubricante con aditivos EP/AW luego de una evaluación minuciosa.

Intervalo de cambio de aceite

El intervalo de cambio de aceite depende de las condiciones de funcionamiento y del tipo de aceite. Cuando se emplea el método de lubricación con baño de aceite, generalmente, suele bastar con cambiar el aceite una vez al año, siempre que la temperatura de funcionamiento no supere los 50 °C *(120 °F)*. Normalmente, a temperaturas más altas o en condiciones de alta contaminación, el aceite se debe cambiar con más frecuencia.

Cuando se emplea circulación de aceite, el intervalo después del cual es necesario cambiar el aceite queda determinado por una inspección de la calidad del aceite, teniendo en cuenta la oxidación y la presencia de agua y partículas abrasivas. La vida útil del aceite en los sistemas de circulación puede ampliarse mediante la eliminación de las partículas y el agua del aceite.

Los intervalos de cambio de aceite para los aceites minerales se indican en la **tabla 10**, **página 122**.

Tabla 8

Sistemas de lubricación centralizada SKF

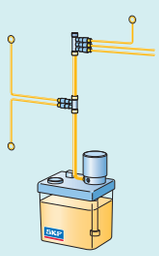
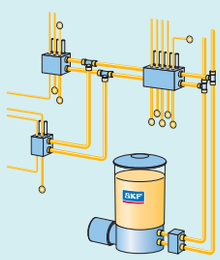
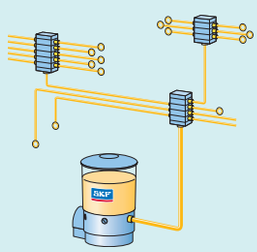
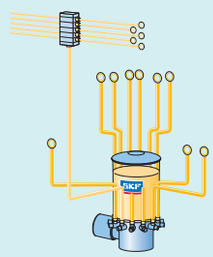
	SKF MonoFlex	SKF DuoFlex	SKF ProFlex	SKF MultiFlex
				
Tipo	Línea simple	Línea doble	Progresivo	Multilínea
Lubricantes adecuados	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 2	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 3	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 2	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 3
Ejemplos de aplicación	Aplicaciones de máquinas herramienta, impresión, textil y todoterreno	Máquinas metalúrgicas, industria papelera, minería, plantas cementeras, grúas de cubierta, centrales eléctricas	Prensas industriales y de impresión, aplicaciones todoterreno, turbinas eólicas	Industria del petróleo y el gas, aplicaciones de la industria pesada

Tabla 9

Propiedades de los tipos de aceite lubricante

Propiedades		Tipo de aceite base Mineral	PAO	Éster	PAG
Punto de fluidez	[°C] *[°F]*	–30 .. 0 *–20 .. 30*	–50 .. –40 *–60 .. –40*	–60 .. –40 *–75 .. –40*	aprox. –30 *aprox. –20*
Índice de viscosidad		inf.	moderado	sup.	sup.
Coeficiente de presión/viscosidad		sup.	moderado	de bajo a moderado	moderado

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Información general de los principales métodos de lubricación con aceite

Los métodos de lubricación con aceite son:

- baño de aceite sin circulación de aceite
- baño de aceite con autocirculación de aceite a través de la acción de bombeo del rodamiento
- circulación de aceite con bomba externa
- método de chorro de aceite
- método de aceite y aire

La elección del método de lubricación con aceite depende principalmente de:

- la velocidad de los rodamientos
- la necesidad de eliminar el calor
- la necesidad de eliminar contaminantes (partículas sólidas o líquidos)

SKF ofrece una amplia gama de productos para lubricación con aceite que no se incluyen en este documento. Para obtener más información sobre los sistemas de lubricación SKF y productos relacionados, consulte skf.com/lubrication.

Baño de aceite sin circulación de aceite

El método de lubricación con aceite más sencillo es el baño de aceite. El aceite que recogen los componentes giratorios del rodamiento se distribuye en el interior de este y, luego, regresa al baño de aceite en el soporte. De manera ideal, cuando el rodamiento se detiene, el nivel de aceite debería alcanzar el centro del elemento rodante inferior (**fig. 3**). Niveles de aceite más altos que los recomendados aumentarán la temperatura del rodamiento debido a la agitación (*Fricción del rodamiento, pérdida de potencia y par de arranque*, **página 132**).

Baño de aceite con autocirculación de aceite

Se fuerza la circulación del aceite de un baño mediante diferentes métodos. Aquí hay algunos ejemplos:

- El aceite se recupera y se dirige a los rodamientos por medio de drenaje y conductos (**fig. 4**).
- Un componente específico (anillo, disco, etc.) recoge el aceite de un baño de aceite y lo transporta (**fig. 5**).
- El efecto de bombeo de algunos tipos de rodamientos se puede utilizar para hacer circular el aceite. En la **fig. 6**, el rodamiento axial de rodillos a rótula bombea el aceite que vuelve al rodamiento axial mediante los conductos de conexión ubicados debajo de este.

Todos los diseños de dichos métodos de lubricación deben validarse individualmente mediante pruebas.

Circulación de aceite sin un baño

La circulación de aceite mediante una bomba de aceite externa, en lugar de un baño de aceite, se utiliza principalmente cuando es necesario eliminar el calor generado por el rodamiento y/u otras fuentes. La circulación de aceite también es un buen método de lubricación para evacuar contaminantes sólidos o líquidos del rodamiento hacia filtros y/o separadores de aceite/líquido. El diseño y la disposición del drenaje de aceite deben asegurar que no exista ninguna acumulación del nivel de aceite (*Flujo de calor de las piezas o procesos adyacentes*, **página 131**).

Un sistema básico de circulación de aceite (**fig. 7**) incluye:

- bomba de aceite
- filtro
- depósito de aceite
- sistema de refrigeración y/o calentamiento del aceite

Chorro de aceite

El método de lubricación con chorro de aceite (**fig. 8**) es una extensión de los sistemas de circulación de aceite, y se utiliza para rodamientos que funcionan a velocidades muy altas. El dimensionamiento del flujo de aceite y el tamaño del chorro correspondiente se seleccionan para que la velocidad del chorro de aceite alcance, al menos, 15 m/s.

Los inyectores de aceite deben colocarse de modo que el chorro de aceite penetre en el rodamiento entre uno de los aros y la jaula. Para evitar la agitación, que puede causar aumento de la fricción y la temperatura, el diseño y la disposición del drenaje de aceite deben asegurar que no exista ninguna acumulación del nivel de aceite.

Aceite y aire

El método de lubricación con aceite y aire (**fig. 9**), también denominado método de lubricación por proyección de gotas de aceite, utiliza aire comprimido para transportar cantidades de aceite pequeñas y medidas con precisión en forma de pequeñas gotas a través del interior de las líneas de alimentación hacia una boquilla de inyección que envía el aceite al rodamiento. Este método de lubricación que utiliza una cantidad mínima de aceite permite a los rodamientos funcionar a velocidades muy altas con una temperatura de funcionamiento relativamente baja. El aire comprimido también refrigera el rodamiento y evita el ingreso de polvo o gases agresivos. Para obtener más información, consulte skf.com/super-precision.

Tabla 10

Intervalos de cambio de aceite para los aceites minerales

Sistema de lubricación con aceite	Condiciones de funcionamiento típicas	Intervalo aproximado de cambio de aceite[1)]
Baño de aceite o anillo elevador de aceite	Temperatura de funcionamiento < 50 °C (*120 °F*); Bajo riesgo de contaminación	12 meses
	Temperatura de funcionamiento 50 a 100 °C (*120 a 210 °F*) Algo de contaminación	de 3 a 12 meses
	Temperatura de funcionamiento > 100 °C (*210 °F*); Entorno contaminado	3 meses
Circulación de aceite o chorro de aceite	Todos	Determinado mediante pruebas e inspección regular de la condición del aceite. Depende de la frecuencia de circulación de la cantidad de aceite total y de que el aceite se haya enfriado o no.

[1)] Se necesita una mayor frecuencia de cambios de aceite si las condiciones de funcionamiento son más exigentes.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Fig. 3

Baño de aceite

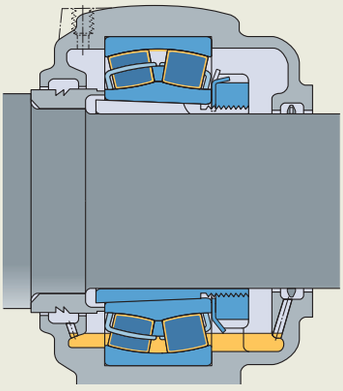


Fig. 4

Autocirculación de aceite por medio de drenaje y conductos

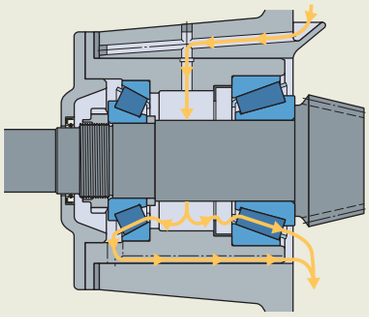


Fig. 5

Anillos elevadores de aceite en soportes SONL

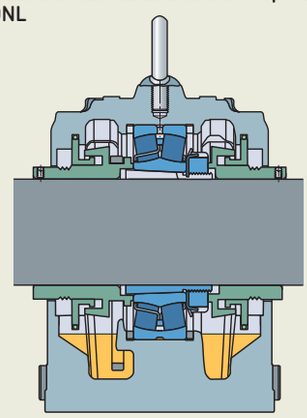


Fig. 6

Efecto de bombeo en las aplicaciones con eje vertical

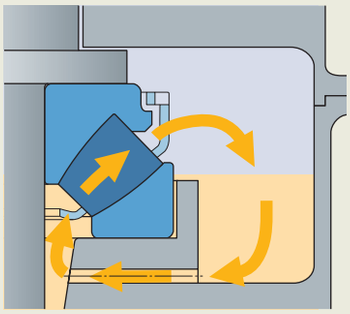


Fig. 8

Chorro de aceite

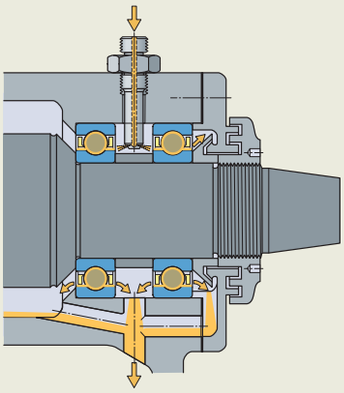


Fig. 7

Circulación de aceite

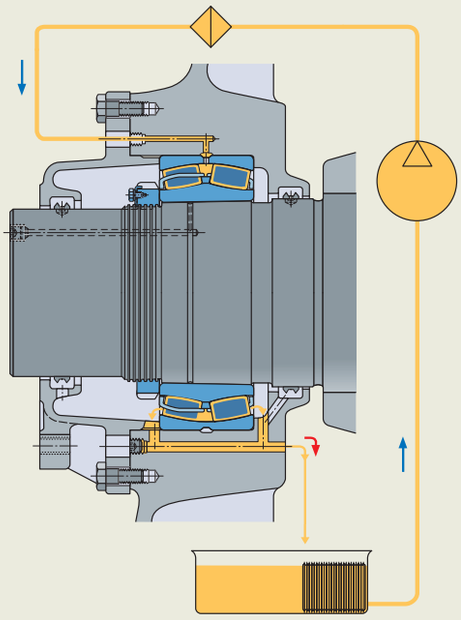
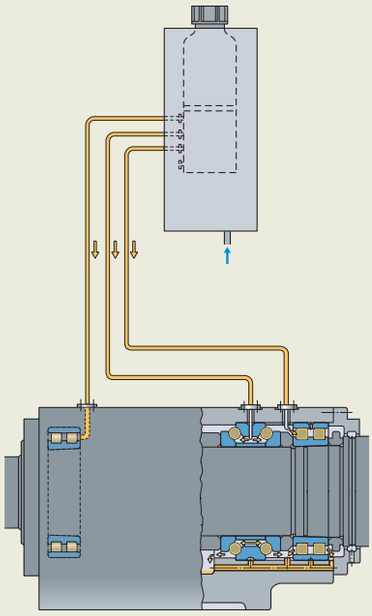


Fig. 9

Aceite y aire



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla de selección de grasas para los rodamientos SKF

Grasa	Descripción	Ejemplo de aplicación	Rango de temperaturas[1] LTL	Rango de temperaturas[1] HTPL	Temp.	Velocidad
LGMT 2	Uso general industrial y automoción	Rodamientos de rueda de automóviles Cintas transportadoras y ventiladores Motores eléctricos pequeños	–30 °C *(–20 °F)*	120 °C *(250 °F)*	M	M
LGMT 3	Uso general industrial y automoción	Rodamientos con d > 100 mm Eje vertical o rotación del aro exterior del rodamiento Rodamientos de rueda para automóviles, camiones y remolques	–30 °C *(–20 °F)*	120 °C *(250 °F)*	M	M
LGEP 2	Presión extrema	Sección de conformación y prensado de papeleras Rodamientos de rodillos de trabajo en la industria siderúrgica Maquinaria pesada, cribas vibratorias	–20 °C *(–5 °F)*	110 °C *(230 °F)*	M	B a M
LGWA 2	Amplio rango de temperaturas[3], presión extrema	Rodamientos de ruedas para automóviles, remolques y camiones Lavadoras Motores eléctricos	–30 °C *(–20 °F)*	140 °C *(285 °F)*	M a A	B a M
LGGB 2	Biodegradable, toxicidad baja[4]	Equipos agrícolas y forestales Equipos de construcción y de movimiento de tierras Tratamiento de agua e irrigación	–40 °C *(–40 °F)*	90 °C *(195 °F)*	B a M	B a M
LGFP 2	Compatible con alimentos	Equipos de elaboración de alimentos Máquinas de envolver Máquinas embotelladoras	–20 °C *(–5 °F)*	110 °C *(230 °F)*	M	M
LGFQ 2	Compatible con alimentos Grandes cargas	Prensas granuladoras Laminadoras Mezcladoras	–40 °C *(–40 °F)*	140 °C *(285 °F)*	B a A	MB a M
LGBB 2	Grasa para rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	Rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	–40 °C *(–40 °F)*	120 °C *(250 °F)*	B a M	MB
LGLT 2	Bajas temperaturas, velocidades extremadamente altas	Husillos de máquinas herramienta y máquinas textiles Robots y motores eléctricos pequeños Cilindros de impresión	–50 °C *(–60 °F)*	110 °C *(230 °F)*	B a M	M a EA
LGWM 1	Presión extrema, bajas temperaturas	Eje principal de turbinas eólicas Sistemas de lubricación centralizada Aplicaciones con rodamientos axiales de rodillos a rótula	–30 °C *(–20 °F)*	110 °C *(230 °F)*	B a M	B a M
LGWM 2	Carga elevada y amplio rango de temperaturas	Eje principal de turbinas eólicas Aplicaciones pesadas marítimas o todoterreno Aplicaciones expuestas a la nieve	–40 °C *(–40 °F)*	110 °C *(230 °F)*	B a M	B a M
LGEM 2	Viscosidad alta y lubricantes sólidos	Trituradoras de mandíbulas Maquinaria de construcción Maquinaria vibratoria	–20 °C *(–5 °F)*	120 °C *(250 °F)*	M	MB
LGEV 2	Viscosidad extremadamente alta con lubricantes sólidos	Rodamientos de muñones Rodillos de apoyo y axiales en hornos giratorios y secadores Coronas de orientación	–10 °C *(–15 °F)*	120 °C *(250 °F)*	M	MB
LGHB 2	Alta viscosidad de los aditivos EP, temperatura alta[5],	Rótulas de acero/acero Sección de secado de papeleras Rodamientos de rodillos de trabajo y colada continua en la industria siderúrgica Rodamientos de rodillos a rótula sellados con temperaturas de hasta 150 °C *(300 °F)*	–20 °C *(–5 °F)*	150 °C *(300 °F)*	M a A	MB a M
LGHP 2	Grasa de poliurea de alto rendimiento	Motores eléctricos Ventiladores, incluso a alta velocidad Rodamientos de bolas de alta velocidad a temperaturas medias y altas	–40 °C *(–40 °F)*	150 °C *(300 °F)*	M a A	M a A
LGED 2	Temperatura alta Ambiente hostil	Equipos de panadería/horno de ladrillos Industria del vidrio Bombas de vacío	–30 °C *(–20 °F)*	240 °C *(465 °F)*	MA	B a M
LGET 2	Temperaturas extremas	Equipos de panadería (hornos) Máquinas de cocción de barquillos Secadoras textiles	–40 °C *(–40 °F)*	260 °C *(500 °F)*	MA	B a M

1) LTL = Límite inferior de temperatura. Definido mediante la prueba de par a baja temperatura según IP 186. HTPL = Límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz
2) mm^2/s a 40 °C *(105 °F)* = cSt.
3) LGWA 2 puede soportar temperaturas máximas de 220 °C *(430 °F)*
4) LGGB 2 puede soportar temperaturas máximas de 120 °C *(250 °F)*
5) LGHB 2 puede soportar temperaturas máximas de 200 °C *(390 °F)*

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Carga	Espesante / aceite base	NLGI	Viscosidad del aceite base[2)]	Eje vertical	Giro rápido del aro exterior	Movimientos oscilantes	Altos niveles de vibración	Cargas máximas o puesta en marcha frecuente	Propiedades antioxidantes	
B a M	Jabón de litio/ aceite mineral	2	110	●			+		+	Grasas para amplia variedad de aplicaciones
B a M	Jabón de litio/ aceite mineral	3	125	+	●		+		●	Grasas para amplia variedad de aplicaciones
A	Jabón de litio/ aceite mineral	2	200	●		●	+	+	+	Grasas para amplia variedad de aplicaciones
B a A	Jabón complejo de litio / aceite mineral	2	185	●	●	●	●	+	+	Grasas para amplia variedad de aplicaciones
M a A	Jabón de litio-calcio / aceite de éster sintético	2	110	●		+	+	+	●	Requisitos especiales
B a M	Complejo de aluminio / aceite médico blanco	2	150	●					+	Requisitos especiales
B a MA	Complejo de sulfonato de calcio/PAO	1–2	320	●	●	+	+	+	+	Requisitos especiales
M a A	Jabón complejo de litio / aceite de PAO sintético	2	68			+	+	+	+	Requisitos especiales
B	Jabón de litio/ aceite de PAO sintético	2	18	●				●	●	Bajas temperaturas
A	Jabón de litio/ aceite mineral	1	200			+		+	+	Bajas temperaturas
B a A	Complejo de sulfonato de calcio/ aceite de PAO sintético/ aceite mineral	1–2	80	●	●	+	+	+	+	Bajas temperaturas / Grandes cargas
A a MA	Jabón de litio/ aceite mineral	2	500	●		+	+	+	+	Grandes cargas
A a MA	Jabón de litio-calcio / aceite mineral	2	1 020	●		+	+	+	+	Grandes cargas
B a MA	Complejo de sulfonato de calcio/ aceite mineral	2	425	●	+	+	+	+	+	Grandes cargas / Temperatura alta
B a M	Diurea / aceite mineral	2 – 3	96	+			●	●	+	Temperatura alta
A a MA	PTFE/aceite de poliéter fluorado sintético	2	460	●	●	+	●	●	●	Temperatura alta
A a MA	PTFE/aceite de poliéter fluorado sintético	2	400	●	+	+	●	●	●	Temperatura alta

● = Adecuada + = Recomendada

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Especificaciones técnicas de las grasas SKF

		LGMT 2	LGMT 3	LGEP 2	LGWA 2	LGGB 2	LGFP 2	LGFQ 2
Código DIN 51825		K2K-30	K3K-30	KP2G-20	KP2N-30	KPE 2K-40	K2G-20	KP1/2N-40
Grado de consistencia NLGI		2	3	2	2	2	2	1–2
Color		Marrón rojizo	Ámbar	Marrón claro	Ámbar	Blanquecino	Transparente	Marrón
Espesante		Litio	Litio	Litio	Complejo de litio	Litio/calcio	Complejo de aluminio	Complejo de sulfonato de calcio
Tipo de aceite base		Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Sintético (Éster)	Aceite médico blanco	Sintético (PAO)
Rango de temperaturas de funcionamiento	°C *°F*	–30 a +120 *(de –20 a +250)*	–30 a +120 *(de –20 a +250)*	de –20 a +110 *(de –5 a +230)*	–30 a +140 *(de –20 a +285)*	–40 a +90 *(de –40 a +195)*	de –20 a +110 *(de –5 a +230)*	–40 a +140 *(de –40 a +285)*
Punto de goteo DIN ISO 2176	°C *°F*	>180 *(>355)*	>180 *(>355)*	>180 *(>355)*	>250 *(>480)*	>170 *(>340)*	>250 *(>480)*	>300 *(>570)*
Viscosidad del aceite base 40 °C *(105 °F)* 100 °C *(210 °F)*	 mm^2/s mm^2/s	 110 11	 125 12	 200 16	 185 15	 110 13	 150 15,3	 320 30
Penetración DIN ISO 2137 60 recorridos 100 000 recorridos	 10^{-1} mm 10^{-1} mm	 265–295 +50 máx. (325 máx.)	 220–250 280 máx.	 265–295 +50 máx. (325 máx.)	 265–295 +50 máx. (325 máx.)	 265–295 +50 máx. (325 máx.)	 265–295 +30 máx.	 280–310 +30 máx.
Estabilidad mecánica Estabilidad a la rodadura, 50 h a 80 °C *(175 °F)* Prueba V2F	 10^{-1} mm	 +50 máx. "M"	 295 máx. "M"	 +50 máx. "M"	 +50 cambio máx. "M"	 +70 máx. (350 máx.)		 de –20 a +30 máx.
Protección contra la corrosión Emcor: – norma ISO 11007 – prueba de lavado con agua – prueba con agua salina (100% agua de mar)		 0–0 0–0 0–1 [1]	 0–0 0–0	 0–0 0–0 1–1 [1]	 0–0 0–0 [1]	 0–0	 0–0 [1]	 0–0 0–0
Resistencia al agua DIN 51 807/1, 3 h a 90 °C *(195 °F)*		1 máx.	2 máx.	1 máx.	1 máx.	0 máx.	1 máx.	1 máx.
Separación del aceite DIN 51 817, 7 días a 40 °C *(105 °F)*, estática	%	1–6	1–3	2–5	1–5	0,8–3	1–5	3 máx.
Capacidad de lubricación R2F, prueba de funcionamiento B a 120 °C *(250 °F)* R2F, prueba de cámara fría, –30 °C *(–20 °F)*, +20 °C *(+70 °F)*		Aprobada	Aprobada	Aprobada	Aprobada 100 °C *(210 °F)*	Aprobada 100 °C *(210 °F)* [1]		Aprobada
Corrosión del cobre DIN 51811		2 máx. 110 °C *(230 °F)*	2 máx. 130 °C *(265 °F)*	2 máx. 110 °C *(230°F)*	2 máx. 100 °C *(210°F)*		1 máx. 120 °C *(250 °F)*	1b máx. 100 °C *(210°F)*
Vida útil de la grasa para rodamientos Prueba ROF Vida útil L_{50} a 10 000 r. p. m.	h		1 000 mín., 130 °C *(265 °F)*			>300, 120 °C *(250 °F)*	1 000, 110 °C *(230 °F)* [1]	
Rendimiento a presión extrema (extreme pressure, EP) Marca de desgaste DIN 51350/5, 1 400 N Prueba de 4 bolas, carga de soldadura DIN 51350/4	 mm N			 1,4 máx. 2 800 mín.	 1,6 máx. 2 600 mín.	 1,8 máx. 2 600 mín.	 1 100 mín.	 1 máx. >4 000
Corrosión por contacto Prueba ASTM D4170 FAFNIR a +25 °C *(75 °F)*	mg			5,7 [1]				0,8 [1]
Par a baja temperatura IP186, par de arranque IP186, par de funcionamiento	 Nmm [1] Nmm [1]	 98, –30 °C *(–20 °F)* 58, –30 °C *(–20 °F)*	 145, –30 °C *(–20 °F)* 95, –30 °C *(–20 °F)*	 70, –20 °C *(–5 °F)* 45, –20 °C *(–5 °F)*	 40, –30 °C *(–20 °F)* 30, –30 °C *(–20 °F)*		 137, –30 °C *(–20 °F)* 51, –30 °C *(–20 °F)*	 369, –40° C *(–40°F)* 223, –40 °C *(–40°F)*

Requisitos especiales

Grasas para amplia variedad de aplicaciones

[1] Valor típico

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

LGBB 2	LGLT 2	LGWM 1	LGWM 2	LGEM 2	LGEV 2	LGHB 2	LGHP 2	LGED 2	LGET 2
KP2G-40	K2G-50	KP1G-30	KP2G-40	KPF2K-20	KPF2K-10	KP2N-20	K2N-40	KFK2U-30	KFK2U-40
2	2	1	1–2	2	2	2	2–3	2	2
Amarillo	Beige	Marrón	Amarillo	Negro	Negro	Marrón	Azul	Blanquecino	Blanquecino
Complejo de litio	Litio	Litio	Complejo de sulfonato de calcio	Litio	Litio/calcio	Complejo de sulfonato de calcio	Diurea	PTFE	PTFE
Sintético (PAO)	Sintético (PAO)	Mineral	Sintético (PAO)/ Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Sintético (poliéter fluorado)	Sintético (poliéter fluorado)
–40 a +120 *(de –40 a +250)*	–50 a +110 *(de –60 a +230)*	–30 a +110 *(de –20 a +230)*	–40 a +110 *(de –40 a +230)*	de –20 a +120 *(de –5 a +250)*	de –10 a +120 *(de 15 a 250)*	de –20 a +150 *(de –5 a +300)*	–40 a +150 *(de –40 a +300)*	–30 a +240 *(de –20 a +464)*	–40 a +260 *(de –40 a +500)*
>200 *(390)*	>180 *(>355)*	>170 *(>340)*	>300 *(>570)*	>180 *(>355)*	>180 *(>355)*	>220 *(>430)*	>240 *(>465)*	>300 *(>570)*	>300 *(>570)*
68	18 4,5	200 16	80 8,6	500 32	1 020 58	425 26,5	96 10,5	460 42	400 38
265–295 +50 máx.	265–295 +50 máx.	310–340 +50 máx.	280–310 +30 máx.	265–295 325 máx.	265–295 325 máx.	265–295 de -20 a +50 (325 máx.)	245–275 365 máx.	265–295 271 [1]	265–295 –
+50 máx.			+50 máx.	345 máx. "M"	+50 máx. "M"	de –20 a +50 "M"	365 máx.		±30 máx. 130 °C *(265 °F)*
0–0 0–1 [1]	0–1	0–0 0–0	0–0 0–0 0–0 [1]	0–0 0–0	0–0 0–0 [1] 0–0 [1]	0–0 0–0 0–0 [1]	0–0 0–0 0–0	0–0 [1]	1–1 máx.
1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.	1 máx.	0 máx.
4 máx, 2,5 [1]	<4	8–13	3 máx.	1–5	1–5	1–3, 60 °C *(140 °F)*	1–5 [1]		13 máx. 30 h 200 °C *(390 °F)*
			Aprobada, 140 °C *(285 °F)* Aprobada, aprobada	Aprobada, 100 °C *(210 °F)*		Aprobada, 140 °C *(285 °F)*	Aprobada		
1 máx. 120 °C *(250 °F)*	1 máx. 100 °C *(210 °F)*	2 máx. 90 °C *(>195 °F)*	2 máx. 100 °C *(210 °F)*	2 máx. 100 °C *(210 °F)*	1 máx. 100 °C *(210 °F)*	2 máx. 150 °C *(300 °F)*	1 máx. 150 °C *(300 °F)*	1 máx. 100 °C *(210 °F)* [1]	1 máx. 150 °C *(300 °F)*
	>1 000, 20 000 r. p. m. 100 °C *(210 °F)*		1 824 [1], 110 °C *(230 °F)*			>1 000, 130 °C *(265 °F)*	1 000 mín. 150 °C *(300 °F)*	> 700 a 220 °C *(430 °F)*	>1 000 [1] a 220 °C *(428 °F)*
0,4 [1] 5 500 [1]	2 000 mín.	1,8 máx. 3 200 mín. [1]	1,5 máx. [1] 4 000 mín. [1]	1,4 máx. 3 000 mín.	1,2 máx. 3 000 mín.	0,86 [1] 4 000 mín.		8 000 mín.	8 000 mín.
0–1 [1]		5,5 [1]	5,2/1,1 a –20 °C *(–5 °F)* [1]			0 [1]	7 [1]		
313, –40 °C *(–40 °F)* 75, –40 °C *(–40 °F)*	32, –50 °C *(–60 °F)* 21, –50 °C *(–60 °F)*	178, 0 °C *(32 °F)* 103, 0 °C *(32 °F)*	249, –40 °C *(–40 °F)* 184, –40 °C *(–40 °F)*	160, –20 °C *(–5 °F)* 98, –20 °C *(–5 °F)*	96, –10 °C *(14 °F)* 66, –10 °C *(14 °F)*	250, –20 °C *(–5 °F)* 133, –20 °C *(–5 °F)*	1 000, –40 °C *(–40 °F)* 280, –40 °C *(–40 °F)*		

Grandes cargas

Bajas temperaturas

Altas temperaturas

B.4 Lubricación

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

B.5 Temperatura y velocidad de funcionamiento

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

B.5 Temperatura y velocidad de funcionamiento

Temperatura de funcionamiento del rodamiento y flujo de calor 130
Tamaño del rodamiento, temperatura de funcionamiento y condiciones de lubricación 131

Equilibrio térmico 131
Calor generado 131
Calor disipado 132

Fricción del rodamiento, pérdida de potencia y par de arranque 132
Modelo SKF de fricción del rodamiento 132
Par de arranque 133

Cálculo de la temperatura de funcionamiento del rodamiento 133
Cálculo de la disipación de calor desde soportes de pie SKF 133
Refrigeración a través de circulación de aceite 134
Otras comprobaciones relacionadas con la temperatura . 135

Limitaciones de velocidad 135
Límite de velocidad térmica aproximado basado en las condiciones según la norma ISO 135
Velocidad de referencia ajustada 135
Límite de velocidad mecánico. 135
Velocidades superiores a la velocidad límite o de referencia 136

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

B.5 Temperatura y velocidad de funcionamiento

La relación entre la temperatura y la pérdida de potencia de los componentes de una aplicación es compleja. Estos factores, a su vez, tienen interdependencias con muchos otros como los tamaños de rodamientos, las cargas y las condiciones de lubricación.

Influyen en muchas características del rendimiento de una aplicación y de sus piezas, y lo hacen de diversas maneras según el estado de funcionamiento, como en la puesta en marcha o durante el funcionamiento normal, una vez alcanzadas las condiciones estables.

Calcular la temperatura de funcionamiento y verificar las limitaciones de velocidad representa un aspecto crítico del análisis de una aplicación.

Esta sección ofrece detalles de estas principales relaciones y orientación sobre lo que se debe considerar.

Temperatura de funcionamiento del rodamiento y flujo de calor

La temperatura tiene una gran influencia en muchas características del rendimiento de una aplicación. El flujo de calor hacia una aplicación, desde y dentro de esta determina la temperatura de sus piezas.

La temperatura de funcionamiento de un rodamiento es la temperatura estable que alcanza cuando funciona y se encuentra en equilibrio térmico con sus elementos circundantes. La temperatura de funcionamiento es el resultado de lo siguiente (**diagrama 1**):

- el calor generado por el rodamiento, como resultado de la pérdida de potencia por fricción combinada del rodamiento y el sello
- el calor de la aplicación transferido al rodamiento a través del eje, el soporte, la base y demás elementos de su entorno
- el calor disipado desde el rodamiento a través del eje, el soporte, la base, el sistema de refrigeración del lubricante (si se utiliza) y demás dispositivos de refrigeración

La temperatura de funcionamiento del rodamiento depende tanto del diseño de la aplicación como de la fricción generada por el rodamiento. Por lo tanto, el rodamiento, las piezas adyacentes y la aplicación deben analizarse térmicamente en conjunto.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tamaño del rodamiento, temperatura de funcionamiento y condiciones de lubricación

Para un tipo de rodamiento determinado, el tamaño del rodamiento, la temperatura de funcionamiento y las condiciones de lubricación son interdependientes de la siguiente manera (**diagrama 2**):

- El tamaño del rodamiento se selecciona en función de las condiciones de carga, velocidad y lubricación del rodamiento.
- La temperatura de funcionamiento es una función de las condiciones de carga, tamaño, velocidad y lubricación del rodamiento.
- Las condiciones de lubricación dependen de la temperatura de funcionamiento, la viscosidad del lubricante y la velocidad.

Estas interdependencias se analizan mediante un enfoque iterativo, con el fin de lograr un diseño óptimo para una disposición de rodamientos y seleccionar los componentes más apropiados para esta.

Equilibrio térmico

La temperatura de funcionamiento de un rodamiento alcanza un estado estable cuando hay equilibrio térmico, es decir, existe un equilibrio entre el calor generado y el calor disipado.

Siempre que la relación de carga C/P > 10 y la velocidad sea inferior al 50% de la velocidad límite$_{lím}$, y que no haya ningún ingreso importante de calor externo, la refrigeración a través del aire circundante y de la base es, por lo general, suficiente para obtener una temperatura de funcionamiento muy por debajo de 100 °C (*210 °F*). En los casos en que no se cumplan estas condiciones, se debe realizar un análisis más detallado, ya que puede ser necesaria una disipación adicional de calor.

Diagrama 1

Temperatura de funcionamiento del rodamiento como equilibrio entre el calor generado y el calor disipado

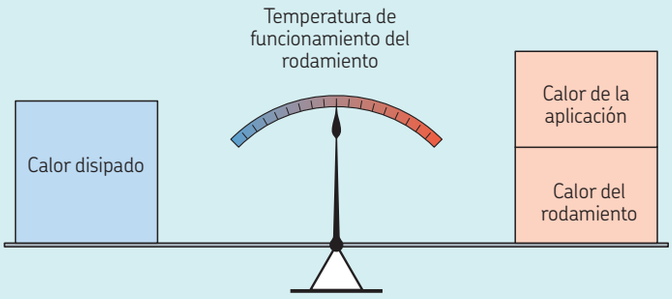
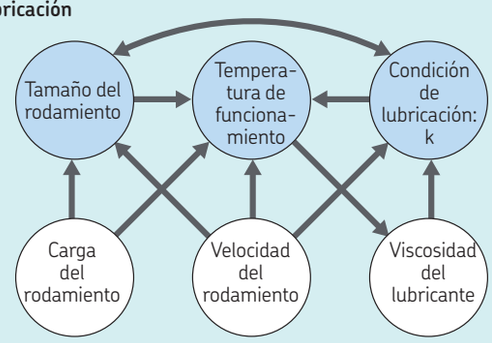


Diagrama 2

Dependencias entre el tamaño del rodamiento, la temperatura de funcionamiento y las condiciones de lubricación



Calor generado

El calor generado es la suma de:

- calor generado por el rodamiento, como resultado de la pérdida de potencia por fricción combinada del rodamiento y el sello
- el flujo de calor de las piezas o procesos adyacentes

Calor por fricción del rodamiento (pérdida de potencia)

La fricción del rodamiento consiste principalmente en la fricción por rodadura, la fricción por deslizamiento, la fricción del sello y las pérdidas de energía por agitación del aceite (*Fricción del rodamiento, pérdida de potencia y par de arranque*, **página 132**).

Flujo de calor de las piezas o procesos adyacentes

En muchas aplicaciones, los rodamientos están en lugares en los que reciben:

- calor de piezas funcionales de la máquina, p. ej., causado por la fricción en los engranajes o sellos del eje
- calor externo, p. ej., de vapor caliente que pasa a través de un eje hueco

La temperatura de funcionamiento de los rodamientos se ve influenciada por esto, además del calor generado por el mismo rodamiento. Estos son algunos ejemplos de dichas aplicaciones:

- cilindros secadores en máquinas papeleras
- rodillos de calandrias en máquinas de hojas de plástico
- compresores
- ventiladores de gases calientes

La entrada de calor desde piezas adyacentes dentro de la aplicación o del proceso puede ser muy importante y, por lo general, es muy difícil de calcular. La regla es aislar el rodamiento, lo más lejos posible, del flujo de calor adicional.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Calor disipado

El calor disipado es la suma de:

- el calor disipado por el eje, el soporte y el flujo de aire ambiental, p. ej., efecto refrigerante en condiciones árticas
- el calor disipado a través del sistema de lubricación o del lubricante

Fricción del rodamiento, pérdida de potencia y par de arranque

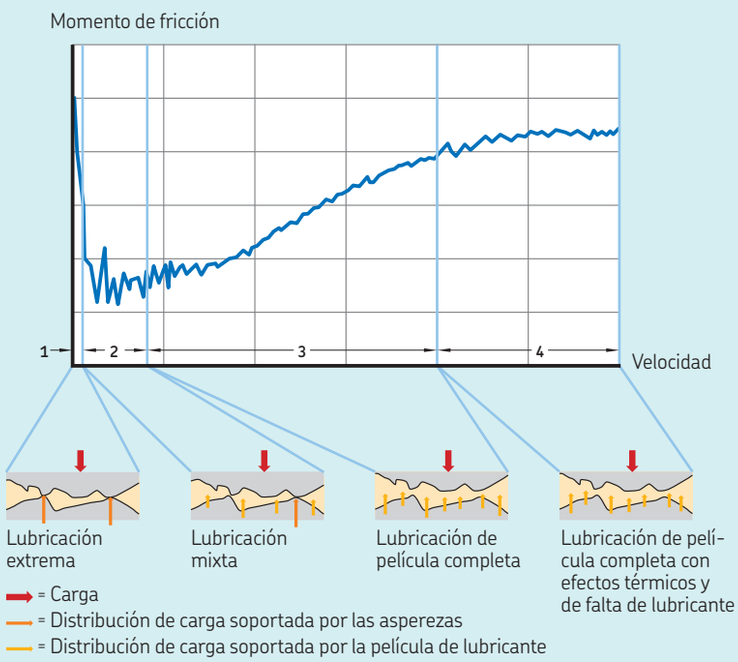
La fricción del rodamiento no es constante y depende de determinados fenómenos tribológicos que tienen lugar en la película de lubricante entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas.

Los cambios de la fricción, como función de la velocidad, en un rodamiento con un lubricante determinado se muestran en el **diagrama 3**. Pueden distinguirse cuatro zonas:

- **Zona 1: condición de lubricación extrema**, en la que solo las asperezas soportan la carga, por lo que la fricción entre las superficies móviles es elevada.
- **Zona 2: condición de lubricación mixta**, en la que una película de aceite de separación soporta parte de la carga, con menos asperezas en contacto, por lo que disminuye la fricción.
- **Zona 3: condición de lubricación de película completa**, en la que la película de lubricante soporta la carga, pero con mayores pérdidas de viscosidad, por lo que aumenta la fricción.
- **Zona 4: lubricación de película completa con efectos térmicos y de falta de lubricante**, en la que los factores de reducción por calentamiento por cizallamiento en la entrada de los contactos y de reducción por reposición cinemática compensan parcialmente las pérdidas de viscosidad, por lo que la fricción se equilibra.

Diagrama 3

Momento de fricción del rodamiento como función de la velocidad



Modelo SKF de fricción del rodamiento

En el modelo SKF para calcular la fricción del rodamiento, el momento total de fricción, M, se obtiene de cuatro fuentes:

$$M = M_{rr} + M_{sl} + M_{seal} + M_{drag}$$

donde

M_{rr} = es el momento de fricción por rodadura e incluye los efectos de la falta de lubricante y el calentamiento por cizallamiento en la entrada de los contactos [Nmm]

M_{sl} = es el momento de fricción deslizante e incluye los efectos de la calidad de las condiciones de lubricación [Nmm]

M_{seal} = es el momento de fricción de los sellos integrales [Nmm]
Si los rodamientos están equipados con sellos rozantes, las pérdidas por fricción ocasionadas por los sellos pueden superar a las generadas en el rodamiento.

M_{drag} = es el momento de fricción ocasionado por las pérdidas de energía por agitación del aceite, salpicaduras, etc., en un baño de aceite [Nmm]

El cálculo de los valores correspondientes a estas cuatro fuentes de fricción es complejo. Por lo tanto, recomendamos utilizar la herramienta *SKF Bearing Calculator* (skf.com/bearingcalculator).

Para obtener información detallada sobre los cálculos, consulte *El modelo SKF para el cálculo del momento de fricción* (skf.com/go/17000-B5).

Si se conoce el momento de fricción total del rodamiento, M, se puede calcular la pérdida de potencia por fricción del rodamiento de la siguiente manera

$$P_{pérd.} = 1{,}05 \times 10^{-4}\, M\, n$$

donde

$P_{pérd.}$ = pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]

M = momento de fricción total [Nmm]

n = velocidad de giro [r. p. m.]

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Par de arranque

El par de arranque de un rodamiento se define como el momento de fricción que el rodamiento debe superar para empezar a girar, a una temperatura ambiente de 20 a 30 °C *(de 70 a 85 °F)*. Por lo tanto, solo se considera el momento de fricción deslizante y el momento de fricción de los sellos, si corresponde.

$M_{start} = M_{sl} + M_{seal}$

donde
M_{start} = momento de fricción inicial [Nmm]
M_{sl} = momento de fricción deslizante [Nmm]
M_{seal} = momento de fricción de los sellos [Nmm]

Recomendamos utilizar la herramienta *SKF Bearing Calculator* (skf.com/bearingcalculator) para calcular los valores de par de arranque.

Cálculo de la temperatura de funcionamiento del rodamiento

Si es capaz de calcular un valor para la disipación de calor de un rodamiento, W_s, puede calcular la temperatura de funcionamiento, $T_{rodam.}$, para un rodamiento en equilibrio térmico, en condiciones estables, mediante

$T_{rodam.} = (P_{pérd.} / W_s) + T_{amb.}$

donde
T_{rodam} = temperatura media de funcionamiento calculada del rodamiento [°C]
$P_{pérd.}$ = pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]
W_s = disipación total de calor por grado por encima de la temperatura ambiente [W/°C]
$T_{amb.}$ = temperatura ambiente [°C]

Si el valor de la temperatura de funcionamiento calculada del rodamiento es demasiado alta para los requisitos de la aplicación, por ejemplo, da lugar a un valor κ que es demasiado bajo o a un intervalo de relubricación que es demasiado corto, una posible solución puede ser reducir la temperatura de funcionamiento por medio de un sistema de lubricación por circulación de aceite.

Cálculo de la disipación de calor desde soportes de pie SKF

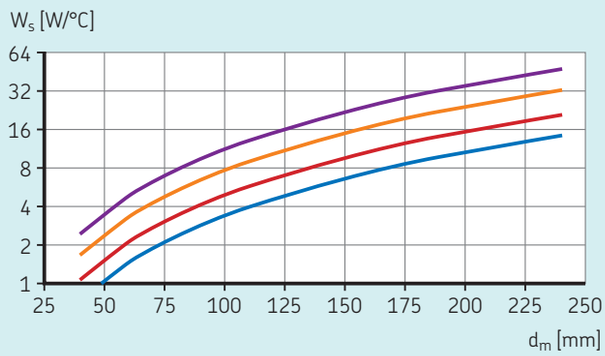
Para los soportes de pie SKF, puede utilizar un modelo basado en el tamaño del rodamiento para calcular los valores de disipación de calor.

Mediante el **diagrama 4**, puede calcular la disipación de calor por grado por encima de la temperatura ambiente, W_s, para un rodamiento con diámetro medio del rodamiento d_m en un soporte de pie, con el eje expuesto al aire circundante.

El cálculo es válido para los soportes de pie SKF utilizados con lubricación por grasa o baño de aceite y solo donde no existe ninguna entrada de calor significativa de fuentes externas, como el vapor de calefacción de los ejes o radiación importante proveniente de superficies calientes.

Diagrama 4

Disipación de calor para los soportes de pie SKF



Referencia	Material de la base	Velocidad del aire circundante	Método de disipación
		m/s	
	hormigón	0,5	por flujo de aire natural
	acero	0,5	
	acero	2,5	por flujo de aire forzado
	acero	5	

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Refrigeración a través de circulación de aceite

Mediante la circulación de aceite, se lo puede refrigerar y, por lo tanto, eliminar el calor de la disposición de rodamientos.

En el **diagrama 5**, la línea curva muestra la pérdida de potencia por fricción del rodamiento, $P_{pérd.}$, y la línea en ángulo muestra la disipación de calor, W_s.

Si se considera el calor disipado a través de la circulación de aceite, el equilibrio térmico del rodamiento en condiciones estables pasa a ser:

$$P_{pérd.} = W_s (T_{rodam.} - T_{amb.}) + P_{aceite}$$

donde
$P_{pérd.}$ = pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]
W_s = disipación total de calor por grado por encima de la temperatura ambiente [W/°C]
$T_{rodam.}$ = temperatura de funcionamiento requerida calculada del rodamiento [°C]
$T_{amb.}$ = temperatura ambiente [°C]
P_{aceite} = potencia disipada calculada en el refrigerador de aceite [W]

Si se tiene en cuenta la disipación de calor a través de la circulación de aceite, se puede calcular la temperatura de funcionamiento del rodamiento de la siguiente manera

$$T_{rodam.} = ((P_{pérd.} - P_{aceite}) / W_s) + T_{amb.}$$

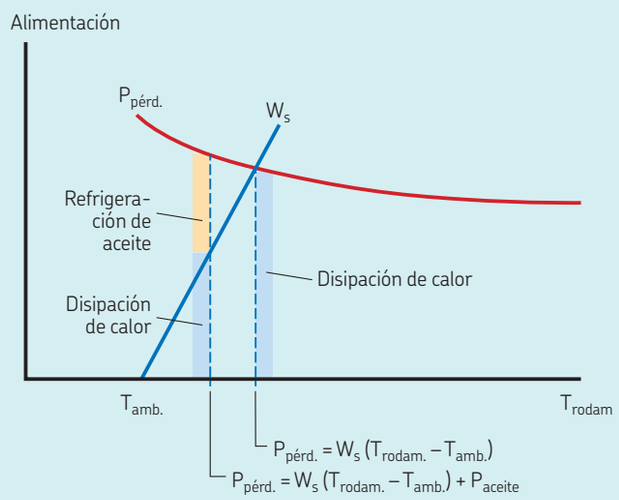
Puede calcular la potencia que debe disiparse mediante refrigeración de aceite, para una temperatura del rodamiento determinada, de la siguiente manera

$$P_{aceite} = P_{pérd.} - W_s (T_{rodam.} - T_{amb.})$$

Puede calcular el flujo requerido de aceite, para una cantidad de potencia determinada que debe disiparse mediante refrigeración de aceite (P_{aceite}), mediante

Diagrama 5

Relación entre la pérdida de potencia, la disipación de calor y la temperatura



$$Q = P_{aceite} / (27 (T_{sal.} - T_{ent.}))$$

donde
Q = flujo requerido de aceite [l/min]
P_{aceite} = potencia disipada en el refrigerador de aceite [W]
$T_{sal.}$ = temperatura del aceite en la salida de aceite del soporte [°C]
$T_{ent.}$ = temperatura del aceite en la entrada de aceite del soporte [°C]

Si no se cuenta con los valores de $T_{sal.}$ o $T_{ent.}$, puede suponer que hay una diferencia de temperatura de 5 a 10 °C *(de 10 a 20 °F)*.

El límite de refrigeración que es posible a través de la circulación de aceite se determina por el grado de transferencia térmica que puede obtenerse de un rodamiento determinado. Por regla general, puede determinar el flujo máximo de aceite, por encima del cual no se obtiene ninguna reducción significativa de la temperatura, de la siguiente manera

$$Q_{máx.} = (D\ B) / 12\,500$$

donde
$Q_{máx.}$ = flujo máximo de aceite [l/min]
D = diámetro exterior del rodamiento [mm]
B = ancho del rodamiento [mm]

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Otras comprobaciones relacionadas con la temperatura

Después de calcular la temperatura de funcionamiento, compruebe:

- que el supuesto de temperatura utilizado para calcular la vida útil del rodamiento (viscosidad de funcionamiento) era correcto
- la selección del lubricante y los límites de temperatura
- el intervalo de cambio de grasa o aceite
- los límites de los materiales de los sellos y la jaula.

Limitaciones de velocidad

La capacidad de velocidad de un rodamiento viene determinada, por lo general, por la temperatura de funcionamiento del rodamiento. Sin embargo, para determinados tipos de rodamientos y disposiciones, los límites mecánicos de los componentes del rodamiento pueden tener una influencia significativa.

Las tablas de productos proporcionan normalmente dos velocidades nominales:

- la velocidad de referencia, que se basa en las condiciones térmicas
- la velocidad límite, que se basa en los límites mecánicos

Ambas clasificaciones de la velocidad son límites de precaución, más que límites de prohibición estricta, pero acercarse a cualquiera de ellas indica que es necesario realizar un análisis más profundo de las condiciones de funcionamiento.

Para los rodamientos con sellos rozantes, no se indican velocidades de referencia en las tablas de productos. En general, la velocidad límite determina la velocidad máxima para estos rodamientos.

Límite de velocidad térmica aproximado basado en las condiciones según la norma ISO

La velocidad de referencia que se indica en las tablas de productos se basa en el modelo de fricción SKF y se obtiene del equilibrio térmico en las condiciones de funcionamiento y refrigeración estandarizadas según la norma ISO 15312. El principal propósito es proporcionar una rápida evaluación de las capacidades de velocidad de un rodamiento. También puede usarla para calcular un límite de velocidad térmica.

La velocidad de referencia según la norma ISO solo es válida para rodamientos abiertos en las siguientes condiciones de funcionamiento:

- disipación de calor de referencia predefinida
- cargas ligeras
  - carga radial P = 0,05 C_0 para rodamientos radiales,
  - carga axial P = 0,02 C_0 para rodamientos axiales
- aumento de temperatura nominal de 50 °C (*90 °F*) con respecto a una temperatura ambiente de referencia de 20 °C (*70 °F*)
- lubricación con aceite, con aceite mineral sin aditivos EP
  - ISO VG32 para rodamientos radiales
  - ISO VG68 para rodamientos axiales
- condiciones de limpieza
- juego de funcionamiento suficiente (*Selección del juego inicial interno*, **página 183**)
- eje horizontal, aro interior giratorio y aro exterior fijo

La norma ISO no proporciona condiciones de referencia para los rodamientos sellados.

La norma ISO, establecida para la lubricación con aceite, también es válida para la lubricación con grasa, siempre que se utilice una grasa a base de litio con aceite base mineral con una viscosidad de entre 100 y 200 mm^2/s. Los rodamientos lubricados con grasa pueden experimentar temperaturas máximas durante la puesta en marcha inicial y necesitar un período de rodaje antes de alcanzar su temperatura de funcionamiento estable.

Velocidad de referencia ajustada

La velocidad de referencia según la norma ISO es válida para un conjunto estandarizado de condiciones de funcionamiento, incluida la disipación de calor estandarizada. Por lo tanto, SKF recomienda calcular la velocidad de referencia ajustada teniendo en cuenta la carga real y la viscosidad del lubricante en su aplicación. Para hacerlo, utilice la herramienta *SKF Bearing Calculator* (skf.com/bearingcalculator). Sin embargo, este ajuste de la velocidad de referencia no incluye los datos relativos a la disipación de calor real de su aplicación, por lo que se recomienda seguir un enfoque conservador para el resultado. Para incluir los efectos de la disipación de calor, se requiere un análisis térmico detallado.

Límite de velocidad mecánico

La velocidad límite indicada en las tablas de productos es una velocidad máxima válida para la versión estándar del rodamiento, que no debe superarse a menos que el diseño del rodamiento y la aplicación estén adaptados para una velocidad más alta.

La velocidad límite está determinada por:

- la estabilidad de la forma o la resistencia de la jaula
- la lubricación de las superficies de guiado de la jaula
- las fuerzas centrífugas y giratorias que actúan sobre los elementos rodantes
- otros factores limitadores de la velocidad, como los sellos y el lubricante en el caso de los rodamientos sellados

NOTA
Algunos rodamientos de bolas abiertos tienen muy poca fricción, y es posible que las velocidades de referencia indicadas para estos sean superiores a las velocidades límite. No utilice únicamente el límite de velocidad mecánico. Calcule también la velocidad de referencia ajustada. El valor más bajo de los dos establece el límite de velocidad.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Velocidades superiores a la velocidad límite o de referencia

Un rodamiento puede funcionar a velocidades superiores a su velocidad de referencia, a su velocidad de referencia ajustada o incluso a la velocidad límite. Antes de hacerlo, realice primero un análisis térmico detallado y tome las medidas adicionales que puedan ser necesarias, como el uso de versiones especiales de jaula, o considere el uso de rodamientos de alta precisión. En cuanto al manejo de los efectos del aumento de la velocidad, considere las siguientes opciones:

- Controle el aumento resultante de la temperatura del rodamiento mediante refrigeración adicional.
- Compense cualquier reducción del juego del rodamiento como resultado del aumento de la temperatura del rodamiento.
- Revise la elección de la tolerancia de ajuste del soporte para garantizar que la influencia de la mayor temperatura del rodamiento no impida el desplazamiento axial de los aros exteriores de los rodamientos libres.
- Revise la clase de tolerancia del rodamiento, junto con la precisión geométrica del eje y los asientos del soporte, para garantizar que sean suficientes para evitar una vibración excesiva.
- Considere utilizar una versión alternativa de la jaula, que resulte adecuada para el funcionamiento a velocidades superiores, en especial cuando se aproxime a la velocidad límite o la supere.
- Asegúrese de que el lubricante y el método de lubricación utilizados sean compatibles con la mayor temperatura de funcionamiento y la versión de la jaula.
- Compruebe que el intervalo de relubricación siga siendo aceptable, en especial para los rodamientos lubricados con grasa. Es posible que sea necesaria la lubricación con aceite.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

B.6 Interfaces del rodamiento

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

B.6 Interfaces del rodamiento

El sistema de tolerancias ISO **140**

Selección de los ajustes **140**
Condiciones de giro. 142
Magnitud de la carga 143
Diferencias de temperatura 143
Requisitos de precisión 143
Diseño y materiales del eje y el soporte 143
Facilidad de montaje y desmontaje 143
Desplazamiento axial del rodamiento del lado libre 143

Tolerancias para los asientos y resaltes de rodamientos. **144**
Tolerancias de los asientos en ejes huecos. 146
Tolerancias de los asientos cónicos 147
Posición del cono 147
Verificación de las tolerancias. 147

Textura de la superficie de los asientos de rodamientos. **147**

Tolerancias de los asientos para condiciones estándares **148**
Rodamientos con agujero cónico 149

Tolerancias y ajustes resultantes **153**

Disposiciones relacionadas con el montaje y desmontaje **176**

Fijación axial de los aros de rodamientos **178**
Rodamientos con agujero cónico 178
Resaltes y radios de acuerdo 178

Rodamientos montados radialmente libres para carga axial **179**

Caminos de rodadura en ejes y en soportes **179**

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

B.6 Interfaces del rodamiento

Los asientos de los rodamientos sobre ejes y en soportes, y los componentes que fijan un rodamiento axialmente, tienen un impacto significativo en el rendimiento del rodamiento. Para poder aprovechar al máximo la capacidad de carga de un rodamiento, sus aros o arandelas deben quedar completamente apoyados en toda su circunferencia y a lo largo del ancho total del camino de rodadura. Los asientos de los rodamientos deben estar fabricados en función de las tolerancias geométricas y dimensionales adecuadas y sus superficies no deben tener ranuras, orificios ni otros defectos.

En esta sección, encontrará recomendaciones y requisitos para diseñar interfaces de rodamientos, incluidos:

- criterios a la hora de seleccionar ajustes de rodamientos
- ajustes recomendados para condiciones estándares
- tablas para ayudar a determinar los valores mínimos, máximos y probables de juego o interferencia entre el rodamiento y su asiento
- recomendaciones para especificar las tolerancias geométricas de los asientos de rodamientos
- recomendaciones para el apoyo axial de los aros del rodamiento
- otras consideraciones de diseño para las interfaces de los rodamientos

El sistema de tolerancias ISO

Normalmente, los ajustes para rodamientos se especifican con las clases de tolerancia estándares para agujeros y ejes, como se describe en la norma ISO 286-2. Dado que los rodamientos se fabrican normalmente con tolerancias ISO (*Tolerancias*, **página 36**), la selección de la clase de tolerancia para el asiento del rodamiento determina el ajuste. La posición y el ancho de los intervalos de tolerancia de las clases de tolerancia que se utilizan más comúnmente en relación con las tolerancias del agujero y el diámetro exterior del rodamiento se ilustran en la **fig. 1**, que es válida para rodamientos de tamaño mediano, con tolerancias normales. Es importante tener en cuenta que las clases de tolerancia ISO para rodamientos, y para agujeros y ejes son diferentes. Las tolerancias para cada tamaño varían en toda la gama de tamaños reales. Por lo tanto, deberá seleccionar las clases de tolerancia respectivas para asientos de rodamientos en función del tamaño real del rodamiento para su aplicación.

Selección de los ajustes

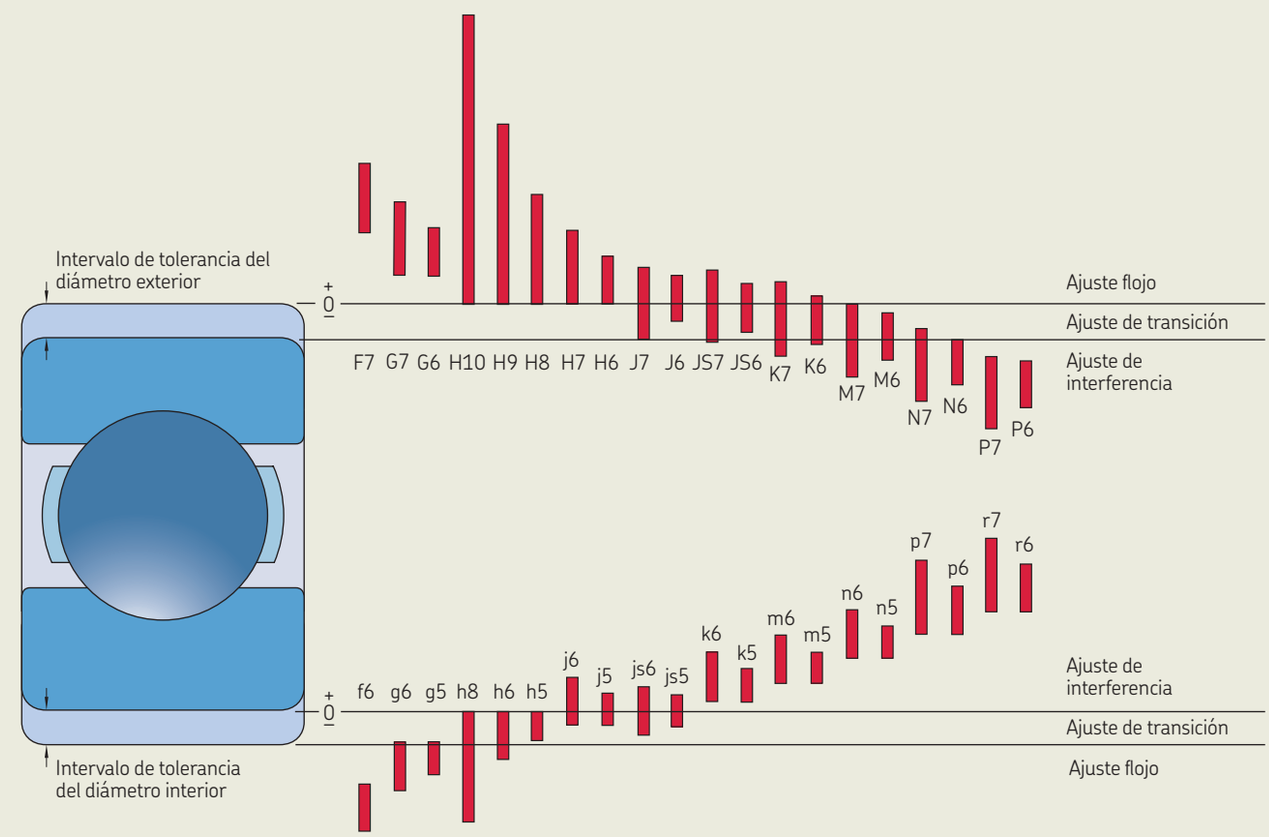
Los ajustes se pueden seleccionar siguiendo las recomendaciones para las tolerancias de diámetro del asiento del rodamiento (*Tolerancias de los asientos para condiciones estándares*, **página 148**). Estas recomendaciones ofrecerán soluciones adecuadas para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, no incluyen todos los detalles de una aplicación específica, por lo que en algunos casos será necesario realizar ajustes. A la hora de seleccionar ajustes, se deben tener en cuenta los siguientes temas.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Fig. 1

Posición y ancho de las clases de tolerancia de ejes y soportes



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Condiciones de giro

Las condiciones de giro hacen referencia al movimiento relativo entre el aro del rodamiento y la carga que actúa sobre este (**tabla 1**). En esencia, existen tres condiciones distintas:

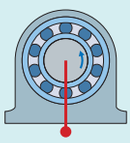
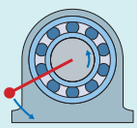
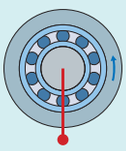
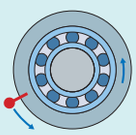
- **Cargas giratorias**
  Estas cargas aparecen en los casos en que está fijo el aro del rodamiento o la carga aplicada, mientras el otro gira. Si el aro del rodamiento está montado con un ajuste flojo y se somete a una carga giratoria, se deslizará sobre su asiento, lo que puede dar lugar a corrosión por contacto y, eventualmente, a desgaste. Para evitar que suceda esto, es necesario utilizar un ajuste de interferencia adecuado entre el aro sometido a la carga giratoria y su asiento. A fin de seleccionar los ajustes, a las cargas que oscilan (como las cargas que actúan sobre rodamientos de biela) se las considera cargas giratorias.

- **Cargas fijas**
  Estas cargas aparecen en los casos en que tanto el aro del rodamiento como la carga aplicada están fijos, o bien giran a la misma velocidad. En estas condiciones, el aro del rodamiento no suele deslizarse y no existe riesgo de corrosión por contacto ni desgaste. En este caso, el aro no necesita un ajuste de interferencia.

- **Dirección indeterminada de la carga**
  Esto hace referencia a las cargas variables o alternantes externas, los picos de carga repentinos, las vibraciones o las cargas desequilibradas en aplicaciones a alta velocidad. Estas provocan cambios en la dirección de la carga, que no se pueden describir con precisión. En los casos en que la dirección de la carga es indeterminada, especialmente cuando hay cargas pesadas, existe riesgo de corrosión por contacto o desgaste. Debe usar un ajuste de interferencia en ambos aros. Normalmente, resulta adecuado el mismo ajuste que para las cargas giratorias. En los casos en que el aro exterior debe poder moverse axialmente en su soporte, se debe usar un ajuste flojo. No obstante, un ajuste flojo puede causar desgaste del soporte. En los casos en que esto resulte inviable, proteja la superficie del asiento del rodamiento o seleccione un rodamiento que soporte el desplazamiento axial en su interior (rodamiento de rodillos cilíndricos, de agujas o CARB). Estos rodamientos se pueden montar con un ajuste de interferencia en ambos aros.

Tabla 1

Condiciones de giro

Condiciones de funcionamiento	Ilustración esquemática	Condición de carga	Ajustes recomendados
Aro interior giratorio Aro exterior fijo Dirección de carga constante		Carga giratoria sobre el aro interior Carga fija sobre el aro exterior	Ajuste de interferencia para el aro interior Ajuste flojo para el aro exterior (posible)
Aro interior giratorio Aro exterior fijo Carga que gira con el aro interior		Carga fija sobre el aro interior Carga giratoria sobre el aro exterior	Ajuste flojo para el aro interior (posible) Ajuste de interferencia para el aro exterior
Aro interior fijo Aro exterior giratorio Dirección de carga constante		Carga fija sobre el aro interior Carga giratoria sobre el aro exterior	Ajuste flojo para el aro interior (posible) Ajuste de interferencia para el aro exterior
Aro interior fijo Aro exterior giratorio Carga que gira con el aro exterior		Carga giratoria sobre el aro interior Carga fija sobre el aro exterior	Ajuste de interferencia para el aro interior Ajuste flojo para el aro exterior (posible)

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Magnitud de la carga

El aro de un rodamiento se deforma de manera proporcional a la carga. Para las cargas sobre el aro interior giratorio, esta deformación puede aflojar el ajuste de interferencia entre el aro interior y el eje, y hacer que el aro se deslice sobre el asiento del eje. Cuanto más pesada sea la carga, más apretado debe ser el ajuste de interferencia. La interferencia requerida se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta = 2{,}5\sqrt{F_r \frac{d}{B}}$$

donde
Δ = interferencia requerida [µm]
d = diámetro del agujero del rodamiento [mm]
B = ancho del rodamiento [mm]
F_r = carga radial [kN]

En los casos en que se producen picos de carga repentinos o vibración, puede ser necesario un ajuste más apretado.

Diferencias de temperatura

Cuando están en funcionamiento, los aros de los rodamientos suelen alcanzar una temperatura superior a la de los componentes en los que están ajustados. Esto puede aflojar el ajuste en el asiento del eje y, al mismo tiempo, la dilatación del aro exterior puede impedir el desplazamiento axial deseado en el soporte.

Las puestas en marcha rápidas pueden aflojar el ajuste del aro interior si el calor por fricción que genera el rodamiento no se disipa con suficiente rapidez. En algunos casos, la fricción de los sellos puede generar suficiente calor como para aflojar el ajuste del aro interior.

El calor externo y la dirección del flujo de calor pueden afectar a los ajustes. Deben considerarse las condiciones estables y las transitorias. Para obtener más información sobre las diferencias de temperatura, consulte *Selección del juego interno o la precarga*, **página 182**.

Requisitos de precisión

Para minimizar las desviaciones y la vibración en aplicaciones de precisión o de alta velocidad, se recomienda utilizar ajustes de interferencia o de transición.

Diseño y materiales del eje y el soporte

Se debe evitar la deformación de los aros del rodamiento causada por el diseño del eje o del soporte, por ejemplo, por irregularidades del asiento o grosor irregular de las paredes.

Para los soportes de dos piezas, SKF suele recomendar ajustes flojos. Cuanto más apretado (menos flojo) sea el ajuste en un soporte de dos piezas, mayores serán los requisitos para las tolerancias geométricas del asiento. Los soportes de dos piezas mecanizados con tolerancias ajustadas, como los soportes de pie SKF, se pueden usar con ajustes de transición de hasta K7.

Los rodamientos montados en soportes de paredes delgadas o en ejes huecos requieren ajustes de interferencia más apretados que los que normalmente se recomiendan para los resistentes soportes de fundición o ejes macizos (*Tolerancias para asientos en ejes huecos*, **página 146**).

Los ejes o soportes fabricados de materiales que no sean acero o fundición pueden requerir ajustes diferentes en función de la resistencia del material y sus propiedades térmicas.

Facilidad de montaje y desmontaje

Los ajustes flojos resultan beneficiosos para facilitar el montaje y desmontaje. En aplicaciones que requieren ajustes de interferencia tanto para el eje como para el asiento del soporte, se deben tener en cuenta los rodamientos desarmables o los rodamientos con agujero cónico. Los rodamientos con agujero cónico pueden montarse en manguitos cónicos (**fig. 2**) o en un asiento de eje cónico (**fig. 3**).

Desplazamiento axial del rodamiento del lado libre

Cuando el rodamiento del lado libre tiene que poder moverse axialmente sobre su asiento, el aro sometido a la carga fija debe tener un ajuste flojo. Para obtener más información acerca de los rodamientos del lado libre, consulte *Disposiciones y sus tipos de rodamientos* **página 70**.

Fig. 2

Rodamiento con agujero cónico montado en un eje liso con un manguito de fijación

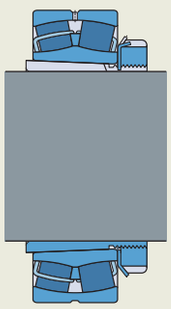
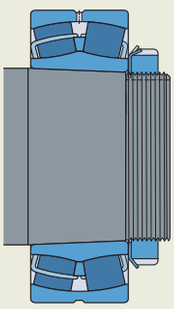


Fig. 3

Rodamiento con agujero cónico montado en un asiento cónico



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tolerancias para los asientos y resaltes de rodamientos

Las tolerancias dimensionales de los asientos de rodamientos vienen determinadas por el ajuste requerido. Los requisitos de precisión de la aplicación le indicarán la clase de tolerancia que debe usar para el rodamiento (*Versión del rodamiento*, **página 182**) y, en consecuencia, la tolerancia de variación necesaria del asiento. La variación del asiento se especifica mediante la variación radial total de la superficie del asiento y la variación axial total del resalte (ISO 1101, 18.16).

Para los rodamientos con tolerancias normales en aplicaciones industriales generales, los asientos se suelen mecanizar con las siguientes tolerancias:

- asientos de eje con tolerancias dimensionales hasta grado IT6 y tolerancias de variación total hasta grado IT5
- asientos de soporte con tolerancias dimensionales hasta grado IT7 y tolerancias de variación total hasta grado IT6

Las combinaciones de grados de tolerancia adecuadas se indican en la **tabla 2**. La zona de tolerancia para la variación radial total está limitada a la mitad del grado de tolerancia ISO, porque la tolerancia de variación se especifica como una diferencia de radios de dos cilindros coaxiales, y el grado de tolerancia ISO se refiere al diámetro.

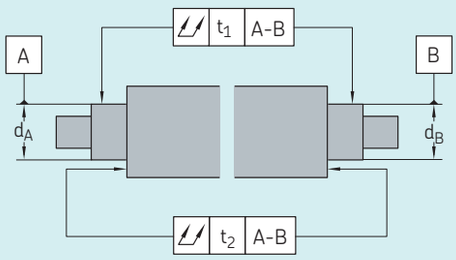
Para los asientos de rodamientos montados sobre manguitos de desmontaje o de fijación, resultan admisibles mayores tolerancias de diámetro. Las tolerancias de variación total deben ser iguales a las de los rodamientos sobre asientos cilíndricos.

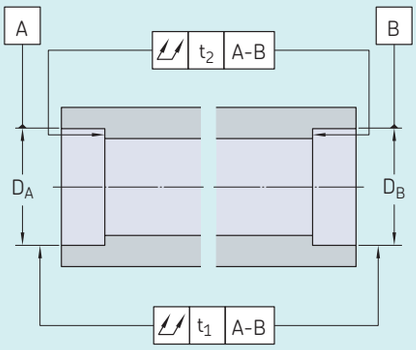
Los valores de tolerancia correspondientes a los grados de tolerancia ISO se indican en la **tabla 3**.

Tabla 2

Grados de tolerancia para los asientos de rodamientos[1)]

Requisitos de las aplicaciones	Asiento del eje			Asiento del soporte		
	Grado de tolerancia dimensional	Grados de tolerancia geométrica		Grado de tolerancia dimensional	Grados de tolerancia geométrica	
		Variación radial t_1	Variación axial t_2		Variación radial t_1	Variación axial t_2
Rodamiento con tolerancias normales (velocidad y precisión de giro moderadas)	IT6	IT5/2	IT5	IT7	IT6/2	IT6
Rodamiento con tolerancias P6 (velocidades o precisión de giro más altas)	IT5	IT4/2	IT4	IT6	IT5/2	IT5
Rodamiento con tolerancias P5 (velocidades y precisión de giro altas)	IT4	IT3/2	IT3	IT5	IT4/2	IT4





[1)] Para las aplicaciones de muy alta velocidad y alta precisión, utilice rodamientos de superprecisión SKF y tolerancias IT reducidas (skf.com/super-precision).

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Ejemplo

Debe usarse un rodamiento rígido de bolas 6030 en un motor eléctrico. El rodamiento soporta cargas normales a pesadas (0,05 C < P ≤ 0,1 C), con requisitos de velocidad y precisión moderados. Es necesario un ajuste de interferencia en el eje. Para este ajuste, el diámetro del eje debe ser 150 m6Ⓔ. La variación radial total debe estar dentro de IT5/2 (de la **tabla 3**: 18/2 = 9 µm), y la variación axial total del resalte debe estar dentro de IT5 (de la **tabla 3**: 18 µm).

La zona de tolerancia dimensional en gris y la zona de tolerancia para la variación radial total en azul se muestran en la **fig. 4**. La zona azul puede ubicarse en cualquier lugar dentro de la zona gris, pero no debe ser mayor de 9 µm.

Fig. 4

Zonas de tolerancias dimensionales y de variación

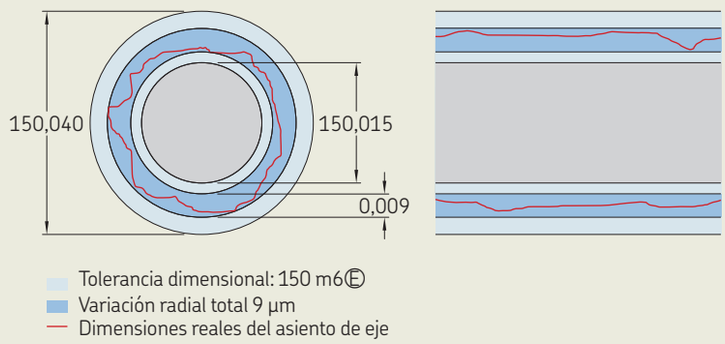


Tabla 3

Valores de los grados de tolerancia ISO

Dimensión nominal		Grados de tolerancia						
>	≤	IT3 máx.	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
mm		µm						
1	**3**	2	3	4	6	10	14	25
3	**6**	3	4	5	8	12	18	30
6	**10**	3	4	6	9	15	22	36
10	**18**	3	5	8	11	18	27	43
18	**30**	4	6	9	13	21	33	52
30	**50**	4	7	11	16	25	39	62
50	**80**	5	8	13	19	30	46	74
80	**120**	6	10	15	22	35	54	87
120	**180**	8	12	18	25	40	63	100
180	**250**	10	14	20	29	46	72	115
250	**315**	12	16	23	32	52	81	130
315	**400**	13	18	25	36	57	89	140
400	**500**	15	20	27	40	63	97	155
500	**630**	–	–	32	44	70	110	175
630	**800**	–	–	36	50	80	125	200
800	**1 000**	–	–	40	56	90	140	230
1 000	**1 250**	–	–	47	66	105	165	260
1 250	**1 600**	–	–	55	78	125	195	310
1 600	**2 000**	–	–	65	92	150	230	370
2 000	**2 500**	–	–	78	110	175	280	440

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tolerancias de los asientos en ejes huecos

Cuando se monta un rodamiento en un eje hueco con un ajuste de interferencia, el eje experimenta más deformación elástica que un eje macizo. Como resultado, la eficacia del ajuste es menor que para un eje macizo del mismo tamaño. La eficacia de un ajuste de interferencia en un eje hueco depende de determinadas relaciones de los diámetros (**fig. 5**):

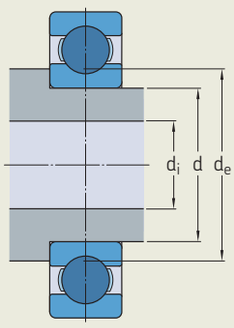
- la relación de los diámetros del eje hueco $c_i = d_i / d$
  Para las relaciones de los diámetros $c_i \leq 0,5$, la reducción de la eficacia es insignificante.
- la relación de los diámetros del aro interior del rodamiento $c_e = d / d_e$
  Cuando no se conoce el diámetro exterior promedio del aro interior d_e, la relación de los diámetros se puede calcular mediante

$$c_e = \frac{d}{k\,(D - d) + d}$$

donde
c_e = relación de los diámetros del aro interior del rodamiento
d = diámetro del agujero del rodamiento [mm]
D = diámetro exterior del rodamiento [mm]
k = factor de ajuste
= 0,25 para rodamientos de bolas a rótula de las series 22 y 23
= 0,25 para rodamientos de rodillos cilíndricos
= 0,3 para otros rodamientos

Fig. 5

Asiento en un eje hueco



Para las relaciones de los diámetros del eje $c_i > 0,5$, se debe ajustar la tolerancia del diámetro determinada para un asiento en un eje macizo, para lograr un ajuste con la misma eficacia en el eje hueco. Esto se puede realizar mediante el siguiente procedimiento.

1 Determine la interferencia media probable para la tolerancia seleccionada para un asiento en un eje macizo, Δ_S (*Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**).
2 Determine el aumento de interferencia necesario para el asiento en el eje hueco del **diagrama 1**, en función de las relaciones de los diámetros c_i y c_e.
3 Calcule la interferencia media probable necesaria para el asiento en el eje hueco y seleccione la clase de tolerancia correspondiente.

Ejemplo

Un rodamiento rígido de bolas 6208 con d = 40 mm y D = 80 mm se debe montar en un eje hueco con una relación de diámetro $c_i = 0,8$. ¿Cuál será la clase de tolerancia adecuada para el asiento del eje?

El rodamiento está sometido a cargas normales, y la clase de tolerancia k5 es adecuada para un asiento en un eje macizo.

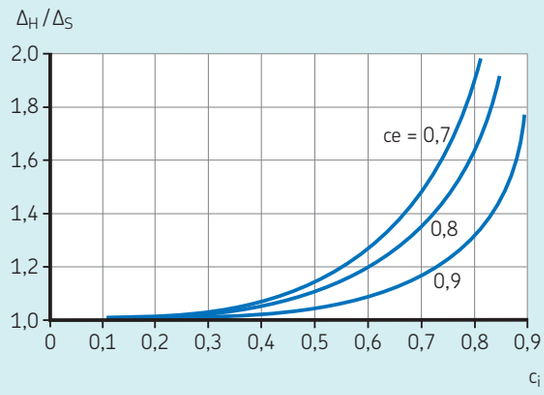
- La relación de los diámetros del aro interior del rodamiento es

$$c_e = \frac{40}{0,3\,(80 - 40) + 40} = 0,77$$

- La interferencia media probable en un eje macizo es
  $\Delta_S = (22 + 5) / 2 = 13,5$ µm (**tabla 14**, **página 160**, k5 para un diámetro del eje de 40 mm)
- El aumento de interferencia para el asiento en un eje hueco es
  $\Delta_H / \Delta_S = 1,7$ (**diagrama 1**, $c_i = 0,8$ y $c_e = 0,77$)
- La interferencia necesaria para el asiento en un eje hueco es
  $\Delta_H = 1,7 \times 13,5 = 23$ µm
- La clase de tolerancia adecuada para el asiento en el eje hueco es m6 (**tabla 14**, interferencia media probable (33 + 13) / 2 = 23 µm)

Diagrama 1

Relación entre la interferencia Δ_H, requerida para un eje hueco de acero, y la interferencia conocida Δ_S para un eje macizo de acero



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tolerancias de los asientos cónicos

Para los asientos de eje cónico, SKF recomienda las siguientes tolerancias (**fig. 6**):

- La desviación admisible para la conicidad es una tolerancia ± respecto del grado IT7/2. El ancho del rodamiento B es el tamaño nominal, que determina los valores estándares de tolerancia. La desviación admisible para la conicidad puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta_k = \frac{IT7/2}{B}$$

El rango admisible para la dispersión de la conicidad puede determinarse mediante la siguiente fórmula

$$V_k = 1/k \pm \frac{IT7/2}{B}$$

donde
Δ_k = desviación admisible de la conicidad
V_k = rango de dispersión admisible de la conicidad
B = ancho del rodamiento [mm]
IT7 = valor del grado de tolerancia, en función del ancho del rodamiento [mm]
k = factor de conicidad
= 12 para conicidad 1:12
= 30 para conicidad 1:30

- Para determinar la dispersión admisible del ángulo cónico α, utilice

$$\alpha = 2\text{atan}\,(V_k/2)$$

- La tolerancia de redondez se define como la "distancia t en cada plano radial entre dos círculos concéntricos perpendiculares al eje del cono a lo largo de la superficie cónica del eje". t es el valor del grado de tolerancia IT5/2, en función del diámetro d. En los casos en que se requiere un alto grado de precisión, debe usarse IT4/2 en su lugar.
- La rectitud se define como "En cada plano axial a lo largo del eje cónico, la zona de tolerancia está limitada por dos líneas paralelas con una distancia t entre ellas". t es el valor del grado de tolerancia IT5/2, en función del diámetro d.

Posición del cono

En la **fig. 6**, solo se indican las tolerancias geométricas y dimensionales del cono. La posición axial del cono requiere otras especificaciones. Al especificar la posición axial, también se debe tener en cuenta la distancia de calado axial del rodamiento, que es necesaria para lograr un adecuado ajuste de interferencia.

Verificación de las tolerancias

Para verificar si el asiento de eje cónico respeta las tolerancias, SKF recomienda medirlo con un calibre cónico especial sobre la base de asientos y pernos de calibración. Un método de medición más práctico, aunque menos preciso, consiste en utilizar calibres de anillo, calibres cónicos y reglas de senos. Para obtener información sobre los dispositivos de medición de SKF, consulte skf.com (*Calibres de anillo GRA 30* y *Calibres cónicos DMB*).

Textura de la superficie de los asientos de rodamientos

La textura de la superficie del asiento de un rodamiento no tiene el mismo efecto sobre el rendimiento del rodamiento que las tolerancias geométricas y dimensionales del asiento. Sin embargo, la textura de las superficies de contacto afecta la uniformidad, lo que puede reducir la interferencia en un ajuste. La textura de las superficies debe limitarse para asegurar que se obtiene el ajuste requerido.

Los valores orientativos para el parámetro de perfil de rugosidad Ra se indican en la **tabla 4**. Estas recomendaciones se aplican a los asientos rectificados, que suelen utilizarse para asientos del eje. Para los asientos del soporte, que suelen mecanizarse con acabado fino, los valores de Ra pueden ser de una clase superior. En las aplicaciones en las que la pérdida de interferencia no resulta crítica, se pueden utilizar superficies más rugosas que las recomendadas en la **tabla 4**.

Tabla 4

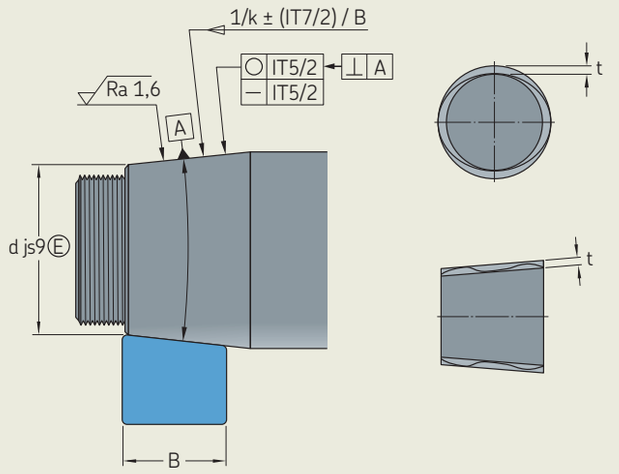
Rugosidad superficial de los asientos de rodamientos

Diámetro del asiento		**Ra** (valores orientativos para asientos rectificados)		
d, D		Grado de tolerancia del diámetro		
>	≤	IT7	IT6	IT5
mm		µm		
–	**80**	1,6	0,8	0,4
80	**500**	1,6	1,6	0,8
500	**1 250**	3,2[1]	1,6	1,6

[1] Cuando se utilice el método de inyección de aceite para el montaje, Ra no deberá ser mayor que 1,6 µm.

Fig. 6

Tolerancias de los asientos de eje cónico



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tolerancias de los asientos para condiciones estándares

En las tablas siguientes, se ofrecen recomendaciones para las tolerancias de los asientos del eje y del soporte. Son válidas para aplicaciones estándares, pero no incluyen todos los detalles de una aplicación específica. Debe considerarse también la información que aparece en *Selección de los ajustes*, **página 140**, y *Tolerancias para los asientos y resaltes de rodamientos*, **página 144**.

Estas recomendaciones son válidas para los rodamientos con tolerancias dimensionales normales. También se pueden utilizar para los rodamientos con tolerancias dimensionales P6. La zona de tolerancia P6 más ajustada solo cambia ligeramente el ajuste resultante.

Tolerancias recomendadas de los asientos para rodamientos métricos:

- Para ejes macizos de acero:
  - Rodamientos radiales de bolas (**tabla 5**, excepto los rodamientos de inserción)
  - Rodamientos radiales de rodillos (**tabla 6**, excepto los rodamientos de agujas)
  - Rodamientos axiales de bolas y rodamientos axiales de rodillos a rótula (**tabla 7**, **página 150**)
- Para soportes de acero y de fundición:
  - Rodamientos radiales (**tabla 8**, **página 151**).
  - Rodamientos axiales (**tabla 9**, **página 152**)

Para los siguientes tipos de rodamiento, las recomendaciones se indican en las secciones de los productos:

- Rodamientos de inserción, *Consideraciones de diseño*, **página 356**
- Rodamientos de agujas, secciones correspondientes en *Rodamientos de agujas*, **página 903**
- Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, *Consideraciones de diseño*, **página 885**
- Rodamientos axiales de agujas, *Consideraciones de diseño*, **página 903**
- Rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas, *Consideraciones de diseño*, **página 687**

Todas las clases de tolerancia ISO utilizadas en las tablas son válidas con el requisito de recubrimiento (como H7Ⓔ), según la norma ISO 14405-1. Por razones de practicidad, el símbolo Ⓔ no se indica en las tablas.

Tabla 5

Tolerancias para ejes macizos de acero, asientos para rodamientos radiales de bolas[1)]

Condiciones	Diámetro del eje	Tolerancia dimensional[2)]	Tolerancia de variación radial total[3)]	Tolerancia de variación axial total[3)]	Ra
	mm	–	–	–	µm
Carga giratoria en el aro interior o dirección indeterminada de la carga					
Cargas ligeras	≤ 17	js5	IT4/2	IT4	0,4
(P ≤ 0,05 C)	> 17 a 100	j6	IT5/2	IT5	0,8
	> 100 a 140	k6	IT5/2	IT5	1,6
Cargas de normales	≤ 10	js5	IT4/2	IT4	0,4
a pesadas	> 10 a 17	j5	IT4/2	IT4	0,4
(0,05 C < P ≤ 0,1 C)	> 17 a 100	k5	IT4/2	IT4	0,8
	> 100 a 140	m5	IT4/2	IT4	0,8
	> 140 a 200	m6	IT5/2	IT5	1,6
	> 200 a 500	n6	IT5/2	IT5	1,6
	> 500	p7	IT6/2	IT6	3,2
Carga fija sobre el aro interior					
Fácil desplazamiento axial del aro interior en el eje: deseable		g6[4)]	IT5/2	IT5	1,6
Fácil desplazamiento axial del aro interior en el eje: innecesario		h6	IT5/2	IT5	1,6
Cargas puramente axiales		j6	IT5/2	IT5	1,6

1) Para los rodamientos de inserción, consulte la sección *Consideraciones de diseño*, **página 356**.
2) El requisito de recubrimiento (símbolo Ⓔ de ISO 14405-1) no se muestra, pero se aplica a todas las clases de tolerancia.
3) Los valores indicados son válidos para rodamientos con tolerancias normales. En el caso de los rodamientos con clases de tolerancia más ajustadas, se utilizan las recomendaciones de la **tabla 2**, **página 144**.
4) Según el tamaño del rodamiento, puede ser necesaria una tolerancia g6Ⓔ desplazada para obtener un ajuste flojo.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Rodamientos con agujero cónico

Los rodamientos con agujero cónico siempre se montan con un ajuste de interferencia para el aro interior. El ajuste está determinado por la distancia a la que se cala el aro interior en un manguito o asiento cónico. Para obtener información detallada, consulte la información en las secciones de los productos:

- *Rodamientos de bolas a rótula*, **página 438**
- *Rodamientos de rodillos a rótula*, **página 774**
- *Rodamientos de rodillos toroidales CARB*, **página 842**

Para los asientos de rodamientos montados sobre manguitos cónicos, resultan admisibles mayores tolerancias de diámetro. Las tolerancias de variación total deben ser iguales a las de los rodamientos sobre asientos cilíndricos (*Tolerancias para los asientos y resaltes de rodamientos*, **página 144**).

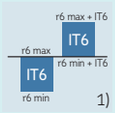
Las tolerancias adecuadas se indican en la **tabla 10**, **página 152**. Son válidas para velocidades moderadas y requisitos de precisión moderados.

Tabla 6

Tolerancias para ejes macizos de acero, asientos para rodamientos radiales de rodillos[1)]

Condiciones	Diámetro del eje	Tolerancia dimensional[2)]	Tolerancia de variación radial total[3)]	Tolerancia de variación axial total[3)]	Ra
	mm	–	–	–	µm
Carga giratoria en el aro interior o dirección indeterminada de la carga					
Cargas ligeras	≤ 25	j6	IT5/2	IT5	0,8
(P ≤ 0,05 C)	> 25 a 60	k6	IT5/2	IT5	0,8
	> 60 a 140	m6	IT5/2	IT5	0,8
Cargas normales	≤ 30	k6	IT5/2	IT5	0,8
a elevadas	> 30 a 50	m5	IT5/2	IT5	0,8
(0,05 C < P ≤ 0,1 C)	> 50 a 65	n5	IT5/2	IT5	0,8
	> 65 a 100	n6	IT5/2	IT5	0,8
	> 100 a 280	p6	IT5/2	IT5	1,6
	> 280 a 500	r6	IT5/2	IT5	1,6
	> 500	r7	IT6/2	IT6	3,2
Cargas pesadas a muy	> 50 a 65	n5	IT5/2	IT5	0,8
pesadas y cargas máxi-	> 65 a 85	n6	IT5/2	IT5	0,8
mas elevadas en condi-	> 85 a 140	p6	IT5/2	IT5	0,8
ciones de funcionamiento difíciles	> 140 a 300	r6	IT5/2	IT5	1,6
(P > 0,1 C)	> 300 a 500	r6 + IT6[4)]	IT5/2	IT5	1,6
	> 500	r7 + IT7[4)]	IT6/2	IT6	3,2
Carga fija sobre el aro interior					
Fácil desplazamiento axial del aro interior en el eje: deseable		g6[5)]	IT5/2	IT5	1,6
Fácil desplazamiento axial del aro interior en el eje: innecesario		h6	IT5/2	IT5	1,6
Cargas puramente axiales		j6	IT5/2	IT5	1,6

1) Para los rodamientos de agujas, consulte las secciones correspondientes en *Rodamientos de agujas*, **página 581**.
2) El requisito de recubrimiento (símbolo Ⓔ de ISO 14405-1) no se muestra, pero se aplica a todas las clases de tolerancia.
3) Los valores indicados son válidos para rodamientos con tolerancias normales. En el caso de los rodamientos con clases de tolerancia más ajustadas, se utilizan las recomendaciones de la **tabla 2**, **página 144**.
4) Campo de tolerancia desplazada.



5) Según el tamaño del rodamiento, puede ser necesaria una tolerancia g6Ⓔ desplazada para obtener un ajuste flojo.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 7

Tolerancias para ejes de acero macizo, asientos para rodamientos axiales[1)]

Condiciones	Diámetro del eje	Tolerancia dimensional[2)]	Tolerancia de variación radial total	Tolerancia de variación axial total	Ra
	mm	–	–	–	µm
Cargas puramente axiales en rodamientos axiales de bolas					
		h6	IT5/2	IT5	1,6[3)]
Cargas radiales y axiales combinadas en rodamientos axiales de rodillos a rótula					
Carga fija sobre la arandela del eje	todas	j6	IT5/2	IT5	1,6[3)]
Carga giratoria sobre la arandela del eje o dirección indeterminada de la carga	≤ 200	k6	IT5/2	IT5	1,6[3)]
	> 200 a 400	m6	IT5/2	IT5	1,6
	> 400	n6	IT5/2	IT5	1,6

1) Para los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, consulte la sección *Consideraciones de diseño*, **página 885**. Para los rodamientos axiales de agujas, consulte la sección *Consideraciones de diseño*, **página 903**.
2) El requisito de recubrimiento (símbolo Ⓔ de ISO 14405-1) no se muestra, pero se aplica a todas las clases de tolerancia.
3) Para d ≤ 80 mm, utilizar Ra = 0,8 µm.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 8

Tolerancias para soportes de acero y de fundición: asientos para rodamientos radiales[1)]

	Condiciones	Tolerancia dimensional[2)3)]	Tolerancia de variación radial total	Tolerancia de variación axial total	Ra[6)]	Desplazamiento del aro exterior
		–	–	–	µm	–
Para soportes enterizos únicamente	**Carga giratoria sobre el aro exterior**					
	Cargas pesadas sobre rodamientos en soportes de paredes delgadas, cargas pesadas máximas (P > 0,1 C)	P7	IT6/2	IT6	3,2	No es posible el desplazamiento
	Cargas de normales a pesadas (P > 0,05 C)	N7	IT6/2	IT6	3,2	No es posible el desplazamiento
	Cargas ligeras y variables (P ≤ 0,05 C)	M7	IT6/2	IT6	3,2	No es posible el desplazamiento
	Dirección indeterminada de la carga					
	Cargas pesadas máximas	M7	IT6/2	IT6	3,2	No es posible el desplazamiento
	Cargas de normales a pesadas (P > 0,05 C), desplazamiento axial del aro exterior: innecesario	K7[5)]	IT6/2	IT6	3,2	En la mayoría de los casos, no es posible el desplazamiento
Para soportes enterizos y soportes de dos piezas	**Dirección indeterminada de la carga**					
	Cargas de ligeras a normales (P ≤ 0,1 C), el desplazamiento axial del aro exterior es deseable	J7	IT6/2	IT6	3,2	En la mayoría de los casos, se puede desplazar
	Carga fija sobre el aro exterior					
	Cargas de todo tipo	H7[3)]	IT6/2	IT6	3,2	Es posible el desplazamiento
	Cargas de ligeras a normales (P ≤ 0,1 C) en condiciones de funcionamiento simples	H8[3)]	IT6/2	IT6	3,2	Es posible el desplazamiento
	Dilatación térmica del eje	G7[4)]	IT6/2	IT6	3,2	Es posible el desplazamiento

1) En el caso de los rodamientos de casquillo de agujas, los rodamientos de agujas autoalineables y los rodamientos de agujas combinados, consulte la sección *Tolerancias de ejes y soportes*, **página 610**.
2) El requisito de recubrimiento (símbolo Ⓔ de ISO 14405-1) no se muestra, pero se aplica a todas las clases de tolerancia.
3) En el caso de los rodamientos grandes (D > 250 mm) o cuando se presentan diferencias de temperatura > 10 °C *(18 °F)* entre el aro exterior y el soporte, debe usarse la clase de tolerancia G7Ⓔ en lugar de la H7Ⓔ.
4) En el caso de los rodamientos grandes (D > 500 mm) o cuando se presentan diferencias de temperatura > 10 °C *(18 °F)* entre el aro exterior y el soporte, debe usarse la clase de tolerancia F7Ⓔ en lugar de la G7Ⓔ.
5) Está permitido utilizar un soporte de dos piezas, siempre que las mitades del soporte estén bien alineadas durante su mecanizado y con chaflanes rebajados en la unión.
6) Para D > 500 mm, utilizar Ra = 6,3 µm.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 9

Tolerancias para soportes de acero y de fundición, asientos para rodamientos axiales[1)]

Condiciones	Tolerancia dimensional[2)]	Tolerancia de variación axial total	Ra	Observaciones
	–	–	µm	–
Cargas puramente axiales				
Rodamientos axiales de bolas	H8	IT7	6,3	Para disposiciones de rodamientos menos precisas, puede existir un juego radial de hasta 0,001 D.
Rodamientos axiales de rodillos a rótula en los que los rodamientos desmontables garantizan la fijación radial	–	IT6		La arandela del soporte debe montarse de forma tal que quede un intersticio radial adecuado para que no se ejerza ninguna carga radial sobre los rodamientos axiales.
Cargas radiales y axiales combinadas en rodamientos axiales de rodillos a rótula				
Carga fija sobre las disposiciones de arandelas del soporte	H7	IT6	3,2[3)]	Para obtener más información, consulte la sección *Consideraciones de diseño*, **página 918**.
Carga giratoria sobre la arandela del soporte	M7	IT6	3,2[3)]	

1) Para los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, consulte la sección *Consideraciones de diseño*, **página 885**. Para los rodamientos axiales de agujas, consulte la sección *Consideraciones de diseño*, **página 903**.
2) El requisito de recubrimiento (símbolo Ⓔ de ISO 14405-1) no se muestra, pero se aplica a todas las clases de tolerancia.
3) Para D < 80 mm, utilizar Ra = 1,6 µm.

Tabla 10

Tolerancias para asientos de rodamientos montados sobre manguitos cónicos

Diámetro del eje		Tolerancia del diámetro		Variación radial total
d Nominal >	≤	h9Ⓔ U	L	IT5/2 máx.
mm		µm		mm
10	**18**	0	–43	4
18	**30**	0	–52	5
30	**50**	0	–62	6
50	**80**	0	–74	7
80	**120**	0	–87	8
120	**180**	0	–100	9
180	**250**	0	–115	10
250	**315**	0	–130	12
315	**400**	0	–140	13
400	**500**	0	–155	14
500	**630**	0	–175	16
630	**800**	0	–200	18
800	**1 000**	0	–230	20
1 000	**1 250**	0	–260	24

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tolerancias y ajustes resultantes

Las tablas de esta sección ofrecen información acerca de las tolerancias de los rodamientos, las tolerancias de los asientos y los ajustes resultantes (**fig. 7**). Estas deberían permitirle determinar fácilmente los valores máximo y mínimo de ajustes cuando utilice las clases de tolerancia ISO para asientos de rodamientos y rodamientos con tolerancias normales para el diámetro exterior y del agujero. La herramienta *SKF Bearing Calculator* (skf.com/bearingcalculator) ofrece una función similar para cada rodamiento individual.

Las tablas no se pueden utilizar para rodamientos de rodillos cónicos cuando d ≤ 30 mm o D ≤ 150 mm ni para rodamientos axiales cuando D ≤ 150 mm. Las tolerancias de diámetro correspondientes a estos rodamientos se desvían de las tolerancias normales correspondientes a los demás rodamientos.

Las tablas indican:

- los límites superior e inferior correspondientes a las desviaciones del diámetro exterior o del agujero para los rodamientos con tolerancias normales
- los límites superior e inferior correspondientes a las desviaciones del diámetro del eje o del agujero del soporte para las clases de tolerancia correspondientes según ISO 2862
- los valores mínimo y máximo correspondientes a la interferencia (–) o el juego (+) teóricos
- los valores mínimo y máximo correspondientes a ±3σ la interferencia (-) o el juego (+) probables

Los valores adecuados de los asientos del eje se indican para las siguientes clases de tolerancia:

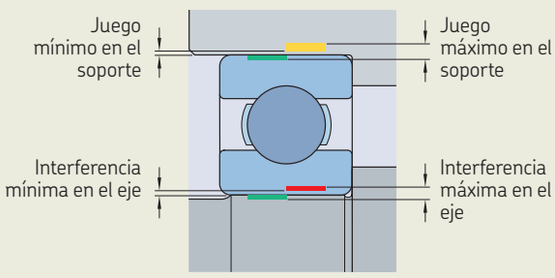
- f5, f6, g5, g6, h5 (**tabla 11**, **página 154**)
- h6, h8, h9, j5, j6 (**tabla 12**, **página 156**)
- js4, js5, js6, js7, k4 (**tabla 13**, **página 158**)
- k5, k6, m5, m6, n5 (**tabla 14**, **página 160**)
- n6, p6, p7, r6, r7 (**tabla 15**, **página 162**)
- r6+IT6, r7+IT7 (**tabla 16**, **página 164**)

Los valores adecuados de los asientos del soporte se indican para las siguientes clases de tolerancia:

- F7, G6, G7, H5, H6 (**tabla 17**, **página 166**)
- H7, H8, H9, H10, J6 (**tabla 18**, **página 168**)
- J7, JS5, JS6, JS7, K5 (**tabla 19**, **página 170**)
- K6, K7, M5, M6, M7 (**tabla 20**, **página 172**)
- N6, N7, P6, P7 (**tabla 21**, **página 174**)

Fig. 7

Tolerancias y ajustes resultantes de ejes y soportes



Intervalos de tolerancia del agujero del rodamiento y el diámetro exterior

Intervalo de tolerancia del asiento de soporte

Intervalo de tolerancia del asiento de eje

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 11

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia f5Ⓔ		f6Ⓔ		g5Ⓔ		g6Ⓔ		h5Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia teórica (–)									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (–)									
mm		µm		µm									
–	3	–8	0	–6	–10	–6	–12	–2	–6	–2	–8	0	–4
				–2	+10	–2	+12	–6	+6	–6	+8	–8	+4
				–1	+9	0	+10	–5	+5	–4	+6	–7	+3
3	6	–8	0	–10	–15	–10	–18	–4	–9	–4	–12	0	–5
				+2	+15	+2	+18	–4	+9	–4	+12	–8	+5
				+3	+14	+4	+16	–3	+8	–2	+10	–7	+4
6	10	–8	0	–13	–19	–13	–22	–5	–11	–5	–14	0	–6
				+5	+19	+5	+22	–3	+11	–3	+14	–8	+6
				+7	+17	+7	+20	–1	+9	–1	+12	–6	+4
10	18	–8	0	–16	–24	–16	–27	–6	–14	–6	–17	0	–8
				+8	+24	+8	+27	–2	+14	–2	+17	–8	+8
				+10	+22	+10	+25	0	+12	0	+15	–6	+6
18	30	–10	0	–20	–29	–20	–33	–7	–16	–7	–20	0	–9
				+10	+29	+10	+33	–3	+16	–3	+20	–10	+9
				+12	+27	+13	+30	–1	+14	0	+17	–8	+7
30	50	–12	0	–25	–36	–25	–41	–9	–20	–9	–25	0	–11
				+13	+36	+13	+41	–3	+20	–3	+25	–12	+11
				+16	+33	+17	+37	0	+17	+1	+21	–9	+8
50	80	–15	0	–30	–43	–30	–49	–10	–23	–10	–29	0	–13
				+15	+43	+15	+49	–5	+23	–5	+29	–15	+13
				+19	+39	+19	+45	–1	+19	–1	+25	–11	+9
80	120	–20	0	–36	–51	–36	–58	–12	–27	–12	–34	0	–15
				+16	+51	+16	+58	–8	+27	–8	+34	–20	+15
				+21	+46	+22	+52	–3	+22	–2	+28	–15	+10
120	180	–25	0	–43	–61	–43	–68	–14	–32	–14	–39	0	–18
				+18	+61	+18	+68	–11	+32	–11	+39	–25	+18
				+24	+55	+25	+61	–5	+26	–4	+32	–19	+12
180	250	–30	0	–50	–70	–50	–79	–15	–35	–15	–44	0	–20
				+20	+70	+20	+79	–15	+35	–15	+44	–30	+20
				+26	+64	+28	+71	–9	+29	–7	+36	–24	+14
250	315	–35	0	–56	–79	–56	–88	–17	–40	–17	–49	0	–23
				+21	+79	+21	+88	–18	+40	–18	+49	–35	+23
				+29	+71	+30	+79	–10	+32	–9	+40	–27	+15
315	400	–45	0	–62	–87	–62	–98	–18	–43	–18	–54	0	–25
				+22	+87	+22	+98	–22	+43	–22	+54	–40	+25
				+30	+79	+33	+87	–14	+35	–11	+43	–32	+17
400	500	–45	0	–68	–95	–68	–108	–20	–47	–20	–60	0	–27
				+23	+95	+23	+108	–25	+47	–25	+60	–45	+27
				+32	+86	+35	+96	–16	+38	–13	+48	–36	+18
500	630	–50	0	–76	–104	–76	–120	–22	–50	–22	–66	0	–28
				+26	+104	+26	+120	–28	+50	–28	+66	–50	+28
				+36	+94	+39	+107	–18	+40	–15	+53	–40	+18

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 11

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia f5Ⓔ		f6Ⓔ		g5Ⓔ		g6Ⓔ		h5Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia teórica (–)									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (–)									
mm		µm		µm									
630	**800**	–75	0	–80	–112	–80	–130	–24	–56	–24	–74	0	–32
				+5	+112	+5	+130	–51	+56	–51	+74	–75	+32
				+17	+100	+22	+113	–39	+44	–34	+57	–63	+20
800	**1 000**	–100	0	–86	–122	–86	–142	–26	–62	–26	–82	0	–36
				–14	+122	–14	+142	–74	+62	–74	+82	–100	+36
				0	+108	+6	+122	–60	+48	–54	+62	–86	+22
1 000	**1 250**	–125	0	–98	–140	–98	–164	–28	–70	–28	–94	0	–42
				–27	+140	–27	+164	–97	+70	–97	+94	–125	+42
				–10	+123	–3	+140	–80	+53	–73	+70	–108	+25
1 250	**1 600**	–160	0	–110	–160	–110	–188	–30	–80	–30	–108	0	–50
				–50	+160	–50	+188	–130	+80	–130	+108	–160	+50
				–29	+139	–20	+158	–109	+59	–100	+78	–139	+29
1 600	**2 000**	–200	0	–120	–180	–120	–212	–32	–92	–32	–124	0	–60
				–80	+180	–80	+212	–168	+92	–168	+124	–200	+60
				–55	+155	–45	+177	–143	+67	–133	+89	–175	+35

[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 12

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				h6Ⓔ		h8Ⓔ		h9Ⓔ		j5Ⓔ		j6Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
>	≤	L	U	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
–	**3**	–8	0	0	–6	0	–14	0	–25	+2	–2	+4	–2
				–8	+6	–8	+14	–8	+25	–10	+2	–12	+2
				–6	+4	–6	+12	–5	+22	–9	+1	–10	0
3	**6**	–8	0	0	–8	0	–18	0	–30	+3	–2	+6	–2
				–8	+8	–8	+18	–8	+30	–11	+2	–14	+2
				–6	+6	–5	+15	–5	+27	–10	+1	–12	0
6	**10**	–8	0	0	–9	0	–22	0	–36	+4	–2	+7	–2
				–8	+9	–8	+22	–8	+36	–12	+2	–15	+2
				–6	+7	–5	+19	–5	+33	–10	0	–13	0
10	**18**	–8	0	0	–11	0	–27	0	–43	+5	–3	+8	–3
				–8	+11	–8	+27	–8	+43	–13	+3	–16	+3
				–6	+9	–5	+24	–5	+40	–11	+1	–14	+1
18	**30**	–10	0	0	–13	0	–33	0	–52	+5	–4	+9	–4
				–10	+13	–10	+33	–10	+52	–15	+4	–19	+4
				–7	+10	–6	+29	–6	+48	–13	+2	–16	+1
30	**50**	–12	0	0	–16	0	–39	0	–62	+6	–5	+11	–5
				–12	+16	–12	+39	–12	+62	–18	+5	–23	+5
				–8	+12	–7	+34	–7	+57	–15	+2	–19	+1
50	**80**	–15	0	0	–19	0	–46	0	–74	+6	–7	+12	–7
				–15	+19	–15	+46	–15	+74	–21	+7	–27	+7
				–11	+15	–9	+40	–9	+68	–17	+3	–23	+3
80	**120**	–20	0	0	–22	0	–54	0	–87	+6	–9	+13	–9
				–20	+22	–20	+54	–20	+87	–26	+9	–33	+9
				–14	+16	–12	+46	–12	+79	–21	+4	–27	+3
120	**180**	–25	0	0	–25	0	–63	0	–100	+7	–11	+14	–11
				–25	+25	–25	+63	–25	+100	–32	+11	–39	+11
				–18	+18	–15	+53	–15	+90	–26	+5	–32	+4
180	**250**	–30	0	0	–29	0	–72	0	–115	+7	–13	+16	–13
				–30	+29	–30	+72	–30	+115	–37	+13	–46	+13
				–22	+21	–18	+60	–17	+102	–31	+7	–38	+5
250	**315**	–35	0	0	–32	0	–81	0	–130	+7	–16	+16	–16
				–35	+32	–35	+81	–35	+130	–42	+16	–51	+16
				–26	+23	–22	+68	–20	+115	–34	+8	–42	+7
315	**400**	–40	0	0	–36	0	–89	0	–140	+7	–18	+18	–18
				–40	+36	–40	+89	–40	+140	–47	+18	–58	+18
				–29	+25	–25	+74	–23	+123	–39	+10	–47	+7
400	**500**	–45	0	0	–40	0	–97	0	–155	+7	–20	+20	–20
				–45	+40	–45	+97	–45	+155	–52	+20	–65	+20
				–33	+28	–28	+80	–26	+136	–43	+11	–53	+8

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 12

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
d		$t_{\Delta dmp}$		h6Ⓔ		h8Ⓔ		h9Ⓔ		j5Ⓔ		j6Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
>	≤	L	U	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
500	**630**	–50	0	0	–44	0	–110	0	–175	–	–	–22	–22
				–50	+44	–50	+110	–50	+175	–	–	–72	+22
				–37	+31	–31	+91	–29	+154	–	–	–59	+9
630	**800**	–75	0	0	–50	0	–125	0	–200	–	–	+25	–25
				–75	+50	–75	+125	–75	+200	–	–	–100	+25
				–58	+33	–48	+98	–45	+170	–	–	–83	+8
800	**1 000**	–100	0	0	–56	0	–140	0	–230	–	–	+28	–28
				–100	+56	–100	+140	–100	+230	–	–	–128	+28
				–80	+36	–67	+107	–61	+191	–	–	–108	+8
1 000	**1 250**	–125	0	0	–66	0	–165	0	–260	–	–	+33	–33
				–125	+66	–125	+165	–125	+260	–	–	–158	+33
				–101	+42	–84	+124	–77	+212	–	–	–134	+9
1 250	**1 600**	–160	0	0	–78	0	–195	0	–310	–	–	+39	–39
				–160	+78	–160	+195	–160	+310	–	–	–199	+39
				–130	+48	–109	+144	–100	+250	–	–	–169	+9
1 600	**2 000**	–200	0	0	–92	0	–230	0	–370	–	–	+46	–46
				–200	+92	–200	+230	–200	+370	–	–	–246	+46
				–165	+57	–138	+168	–126	+296	–	–	–211	+11

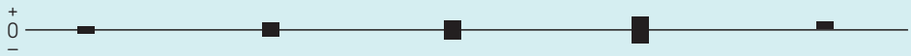
[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 13

Tolerancias del eje y ajustes resultantes



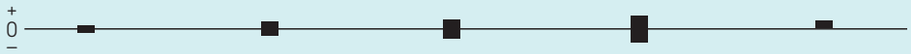
Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia js4Ⓔ		js5Ⓔ		js6Ⓔ		js7Ⓔ		k4Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
–	**3**	–8	0	+1,5	–1,5	+2	–2	+3	–3	+5	–5	+3	0
				–9,5	+1,5	–10	+2	–11	+3	–13	+5	–11	0
				–8,5	+0,5	–9	+1	–9	+1	–11	+3	–10	–1
3	**6**	–8	0	+2	–2	+2,5	–2,5	+4	–4	+6	–6	+5	+1
				–10	+2	–10,5	+2,5	–12	+4	–14	+6	–13	–1
				–9	+1	–9	+1	–10	+2	–12	+4	–12	–2
6	**10**	–8	0	+2	–2	+3	–3	+4,5	–4,5	+7,5	–7,5	+5	+1
				–10	+2	–11	+3	–12,5	+4,5	–15,5	+7,5	–13	–1
				–9	+1	–9	+1	–11	+3	–13	+5	–12	–2
10	**18**	–8	0	+2,5	–2,5	+4	–4	+5,5	–5,5	+9	–9	+6	+1
				–10,5	+2,5	–12	+4	–13,5	+5,5	–17	+9	–14	–1
				–9,5	+1,5	–10	+2	–11	+3	–14	+6	–13	–2
18	**30**	–10	0	+3	–3	+4,5	–4,5	+6,5	–6,5	+10,5	–10,5	+8	+2
				–13	+3	–14,5	+4,5	–16,5	+6,5	–20,5	+10,5	–18	–2
				–10,5	+1,5	–12	+2	–14	+4	–17	+7	–16	–4
30	**50**	–12	0	+3,5	–3,5	+5,5	–5,5	+8	–8	+12,5	–12,5	+9	+2
				–15,5	+3,5	–17,5	+5,5	–20	+8	–24,5	+12,5	–21	–2
				–13,5	+1,5	–15	+3	–16	+4	–20	+8	–19	–4
50	**80**	–15	0	+4	–4	+6,5	–6,5	+9,5	–9,5	+15	–15	+10	+2
				–19	+4	–21,5	+6,5	–24,5	+9,5	–30	+15	–25	–2
				–15,5	+1,5	–18	+3	–20	+5	–25	+10	–22	–5
80	**120**	–20	0	+5	–5	+7,5	–7,5	+11	–11	+17,5	–17,5	+13	+3
				–25	+5	–27,5	+7,5	–31	+11	–37,5	+17,5	–33	–3
				–22	+2	–23	+3	–25	+5	–31	+11	–30	–6
120	**180**	–25	0	+6	–6	+9	–9	+12,5	–12,5	+20	–20	+15	+3
				–31	+6	–34	+9	–37,5	+12,5	–45	+20	–40	–3
				–27	+2	–28	+3	–31	+6	–37	+12	–36	–7
180	**250**	–30	0	+7	–7	+10	–10	+14,5	–14,5	+23	–23	+18	+4
				–37	+7	–40	+10	–44,5	+14,5	–53	+23	–48	–4
				–32	+2	–34	+4	–36	+6	–43	+13	–43	–9
250	**315**	–35	0	+8	–8	+11,5	–11,5	+16	–16	+26	–26	+20	+4
				–4	+8	–46,5	+11,5	–51	+16	–61	+26	–55	–4
				–37	+2	–39	+4	–42	+7	–49	+14	–49	–10
315	**400**	–40	0	+9	–9	+12,5	–12,5	+18	–18	+28,5	–28,5	+22	+4
				–49	+9	–52,5	+12,5	–58	+18	–68,5	+28,5	–62	–4
				–42	+2	–44	+4	–47	+7	–55	+15	–55	–11
400	**500**	–45	0	+10	–10	+13,5	–13,5	+20	–20	+31,5	–31,5	+25	+5
				–55	+10	–58,5	+13,5	–65	+20	–76,5	+31,5	–70	–5
				–48	+3	–49	+4	–53	+8	–62	+17	–63	–12
500	**630**	–50	0	–	–	+14	–14	+22	–22	+35	–35	–	–
				–	–	–64	+14	–72	+22	–85	+35	–	–
				–	–	–54	+4	–59	+9	–69	+19	–	–

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 13

Tolerancias del eje y ajustes resultantes



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				js4Ⓔ		js5Ⓔ		js6Ⓔ		js7Ⓔ		k4Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
630	**800**	–75	0	–	–	+16	–16	+25	–25	+40	–40	–	–
				–	–	–91	+16	–100	+25	–115	+40	–	–
				–	–	–79	+4	–83	+8	–93	+18	–	–
800	**1 000**	–100	0	–	–	+18	–18	+28	–28	+45	–45	–	–
				–	–	–118	+18	–128	+28	–145	+45	–	–
				–	–	–104	+4	–108	+8	–118	+18	–	–
1 000	**1 250**	–125	0	–	–	+21	–21	+33	–33	+52	–52	–	–
				–	–	–146	+21	–158	+33	–177	+52	–	–
				–	–	–129	+4	–134	+9	–145	+20	–	–
1 250	**1 600**	–160	0	–	–	+25	–25	+39	–39	+62	–62	–	–
				–	–	–185	+25	–199	+39	–222	+62	–	–
				–	–	–164	+4	–169	+9	–182	+22	–	–
1 600	**2 000**	–200	0	–	–	+30	–30	+46	–46	+75	–75	–	–
				–	–	–230	+30	–246	+46	–275	+75	–	–
				–	–	–205	+5	–211	+11	–225	+25	–	–

[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 14

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				k5Ⓔ		k6Ⓔ		m5Ⓔ		m6Ⓔ		n5Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia teórica (–)									
>	≤	L	U	Interferencia probable (–)									
mm		µm		µm									
–	3	–8	0	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4
				–12	0	–14	0	–14	–2	–16	–2	–16	–4
				–11	–1	–12	–2	–13	–3	–14	–4	–15	–5
3	6	–8	0	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8
				–14	–1	–17	–1	–17	–4	–20	–4	–21	–8
				–13	–2	–15	–3	–16	–5	–18	–6	–20	–9
6	10	–8	0	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10
				–15	–1	–18	–1	–20	–6	–23	–6	–24	–10
				–13	–3	–16	–3	–18	–8	–21	–8	–22	–12
10	18	–8	0	+9	+1	+12	+1	15	+7	+18	+7	+20	+12
				–17	–1	–20	–1	–23	–7	–26	–7	–28	–12
				–15	–3	–18	–3	–21	–9	–24	–9	–26	–14
18	30	–10	0	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15
				–21	–2	–25	–2	–27	–8	–31	–8	–34	–15
				–19	–4	–22	–5	–25	–10	–28	–11	–32	–17
30	50	–12	0	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17
				–25	–2	–30	–2	–32	–9	–37	–9	–40	–17
				–22	–5	–26	–6	–29	–12	–33	–13	–37	–20
50	80	–15	0	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20
				–30	–2	–36	–2	–39	–11	–45	–11	–48	–20
				–26	–6	–32	–6	–35	–15	–41	–15	–44	–24
80	120	–20	0	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23
				–38	–3	–45	–3	–48	–13	–55	–13	–58	–23
				–33	–8	–39	–9	–43	–18	–49	–19	–53	–28
120	180	–25	0	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27
				–46	–3	–53	–3	–58	–15	–65	–15	–70	–27
				–40	–9	–46	–10	–52	–21	–58	–22	–64	–33
180	250	–30	0	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31
				–54	–4	–63	–4	–67	–17	–76	–17	–81	–31
				–48	–10	–55	–12	–61	–23	–68	–25	–75	–37
250	315	–35	0	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34
				–62	–4	–71	–4	–78	–20	–87	–20	–92	–34
				–54	–12	–62	–13	–70	–28	–78	–29	–84	–42
315	400	–40	0	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37
				–69	–4	–80	–4	–86	–21	–97	–21	–102	–37
				–61	–12	–69	–15	–78	–29	–86	–32	–94	–45
400	500	–45	0	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40
				–77	–5	–90	–5	–95	–23	–108	–23	–112	–40
				–68	–14	–78	–17	–86	–32	–96	–35	–103	–49

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 14

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				k5Ⓔ		k6Ⓔ		m5Ⓔ		m6Ⓔ		n5Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia teórica (–)									
>	≤	L	U	Interferencia probable (–)									
mm		µm		µm									
500	**630**	–50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44
				–78	0	–94	0	–105	–26	–120	–26	–122	–44
				–68	–10	–81	–13	–94	–36	–107	–39	–112	–54
630	**800**	–75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50
				–107	0	–125	0	–137	–30	–155	–30	–157	–50
				–95	–12	–108	–17	–125	–42	–138	–47	–145	–62
800	**1 000**	–100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56
				–136	0	–156	0	–170	–34	–190	–34	–192	–56
				–122	–14	–136	–20	–156	–48	–170	–54	–178	–70
1 000	**1 250**	–125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66
				–167	0	–191	0	–207	–40	–231	–40	–233	–66
				–150	–17	–167	–24	–190	–57	–207	–64	–216	–83
1 250	**1 600**	–160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78
				–210	0	–238	0	–258	–48	–286	–48	–288	–78
				–189	–21	–208	–30	–237	–69	–256	–78	–267	–99
1 600	**2 000**	–200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92
				–260	0	–292	0	–318	–58	–350	–58	–352	–92
				–235	–25	–257	–35	–293	–83	–315	–93	–327	–117

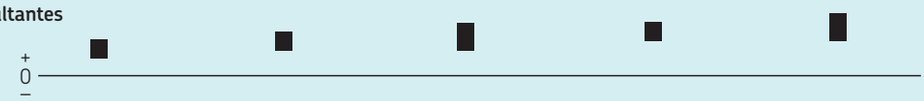
[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 15

Tolerancias del eje y ajustes resultantes



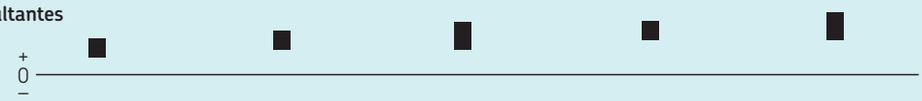
Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				n6Ⓔ		p6Ⓔ		p7Ⓔ		r6Ⓔ		r7Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia teórica (–)									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (–)									
mm		µm		µm									
50	**80**	–15	0	+39	+20	+51	+32	+62	+32	–	–	–	–
				–54	–20	–66	–32	–77	–32	–	–	–	–
				–50	–24	–62	–36	–72	–38	–	–	–	–
80	**100**	–20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51
				–65	–23	–79	–37	–92	–37	–93	–51	–106	–51
				–59	–29	–73	–43	–85	–44	–87	–57	–99	–58
100	**120**	–20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54
				–65	–23	–79	–37	–92	–37	–96	–54	–109	–54
				–59	–29	–73	–43	–85	–44	–90	–60	–102	–61
120	**140**	–25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63
				–77	–27	–93	–43	–108	–43	–113	–63	–128	–63
				–70	–34	–86	–50	–100	–51	–106	–70	–120	–71
140	**160**	–25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65
				–77	–27	–93	–43	–108	–43	–115	–65	–130	–65
				–70	–34	–86	–50	–100	–51	–108	–72	–122	–73
160	**180**	–25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68
				–77	–27	–93	–43	–108	–43	–118	–68	–133	–68
				–70	–34	–86	–50	–100	–51	–111	–75	–125	–76
180	**200**	–30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77
				–90	–31	–109	–50	–126	–50	–136	–77	–153	–77
				–82	–39	–101	–58	–116	–60	–128	–85	–143	–87
200	**225**	–30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80
				–90	–31	–109	–50	–126	–50	–139	–80	–156	–80
				–82	–39	–101	–58	–116	–60	–131	–88	–146	–90
225	**250**	–30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84
				–90	–31	–109	–50	–126	–50	–143	–84	–160	–84
				–82	–39	–101	–58	–116	–60	–135	–92	–150	–94
250	**280**	–35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94
				–101	–34	–123	–56	–143	–56	–161	–94	–181	–94
				–92	–43	–114	–65	–131	–68	–152	–103	–169	–106
280	**315**	–35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98
				–101	–34	–123	–56	–143	–56	–165	–98	–185	–98
				–92	–43	–114	–65	–131	–68	–156	–107	–173	–110
315	**355**	–40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108
				–113	–37	–138	–62	–159	–62	–184	–108	–205	–108
				–102	–48	–127	–73	–146	–75	–173	–119	–192	–121
355	**400**	–40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114
				–113	–37	–138	–62	–159	–62	–190	–114	–211	–114
				–102	–48	–127	–73	–146	–75	–179	–125	–198	–127
400	**450**	–45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126
				–125	–40	–153	–68	–176	–68	–211	–126	–234	–126
				–113	–52	–141	–80	–161	–83	–199	–138	–219	–141

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 15

Tolerancias del eje y ajustes resultantes



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				n6Ⓔ		p6Ⓔ		p7Ⓔ		r6Ⓔ		r7Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia teórica (–)									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (–)									
mm		µm		µm									
450	**500**	–45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
				–125	–40	–153	–68	–176	–68	–217	–132	–240	–132
				–113	–52	–141	–80	–161	–83	–205	–144	–225	–147
500	**560**	–50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
				–138	–44	–172	–78	–198	–78	–244	–150	–270	–150
				–125	–57	–159	–91	–182	–94	–231	–163	–254	–166
560	**630**	–50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
				–138	–44	–172	–78	–198	–78	–249	–155	–275	–155
				–125	–57	–159	–91	–182	–94	–236	–168	–259	–171
630	**710**	–75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
				–175	–50	–213	–88	–243	–88	–300	–175	–330	–175
				–158	–67	–196	–105	–221	–110	–283	–192	–308	–197
710	**800**	–75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
				–175	–50	–213	–88	–243	–88	–310	–185	–340	–185
				–158	–67	–196	–105	–221	–110	–293	–202	–318	–207
800	**900**	–100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				–212	–56	–256	–100	–290	–100	–366	–210	–400	–210
				–192	–76	–236	–120	–263	–127	–346	–230	–373	–237
900	**1 000**	–100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				–212	–56	–256	–100	–290	–100	–376	–220	–410	–220
				–192	–76	–236	–120	–263	–127	–356	–240	–383	–247
1 000	**1 120**	–125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				–257	–66	–311	–120	–350	–120	–441	–250	–480	–250
				–233	–90	–287	–144	–317	–153	–417	–274	–447	–283
1 120	**1 250**	–125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				–257	–66	–311	–120	–350	–120	–451	–260	–490	–260
				–233	–90	–287	–144	–317	–153	–427	–284	–457	–293
1 250	**1 400**	–160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				–316	–78	–378	–140	–425	–140	–538	–300	–585	–300
				–286	–108	–348	–170	–385	–180	–508	–330	–545	–340
1 400	**1 600**	–160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				–316	–78	–378	–140	–425	–140	–568	–330	–615	–330
				–286	–108	–348	–170	–385	–180	–538	–360	–575	–370
1 600	**1 800**	–200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				–384	–92	–462	–170	–520	–170	–662	–370	–720	–370
				–349	–127	–427	–205	–470	–220	–627	–405	–670	–420
1 800	**2 000**	–200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				–384	–92	–462	–170	–520	–170	–692	–400	–750	–400
				–349	–127	–427	–205	–470	–220	–657	–435	–700	–450

[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 16

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia			
				r6+IT6		r7+IT7	
				Desviaciones (diámetro del eje)			
				Interferencia teórica (–)			
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (–)			
mm		µm		µm			
315	**355**	–40	0	+180	+144	+222	+165
				–220	–144	–262	–165
				–209	–155	–248	–179
355	**400**	–40	0	+186	+150	+228	+171
				–226	–150	–268	–171
				–215	–161	–254	–185
400	**450**	–45	0	+206	+166	+252	+189
				–251	–166	–297	–189
				–239	–178	–282	–204
450	**500**	–45	0	+212	+172	+258	+195
				–257	–172	–303	–195
				–245	–184	–288	–210
500	**560**	–50	0	+238	+194	+290	+220
				–288	–194	–340	–220
				–274	–208	–323	–237
560	**630**	–50	0	+243	+199	+295	+225
				–293	–199	–345	–225
				–279	–213	–328	–242
630	**710**	–75	0	+275	+225	+335	+255
				–350	–225	–410	–255
				–333	–242	–387	–278
710	**800**	–75	0	+285	+235	+345	+265
				–360	–235	–420	–265
				–343	–252	–397	–288
800	**900**	–100	0	+322	+266	+390	+300
				–422	–266	–490	–300
				–401	–287	–462	–328
900	**1 000**	–100	0	+332	+276	+400	+310
				–432	–276	–500	–310
				–411	–297	–472	–338
1 000	**1 120**	–125	0	+382	+316	+460	+355
				–507	–316	–585	–355
				–482	–341	–552	–388
1 120	**1 250**	–125	0	+392	+326	+470	+365
				–517	–326	–595	–365
				–492	–351	–562	–398

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 16

Tolerancias del eje y ajustes resultantes

Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero $t_{\Delta dmp}$		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia			
				r6+IT6		r7+IT7	
				Desviaciones (diámetro del eje)			
				Interferencia teórica (–)			
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (–)			
mm		µm		µm			
1 250	**1 400**	–160	0	+456	+378	+550	+425
				–616	–378	–710	–425
				–586	–408	–669	–466
1 400	**1 600**	–160	0	+486	+408	+580	+455
				–646	–408	–740	–455
				–616	–438	–699	–496
1 600	**1 800**	–200	0	+554	+462	+670	+520
				–754	–462	–870	–520
				–718	–498	–820	–570
1 800	**2 000**	–200	0	+584	+492	+700	+550
				–784	–492	–900	–550
				–748	–528	–850	–600

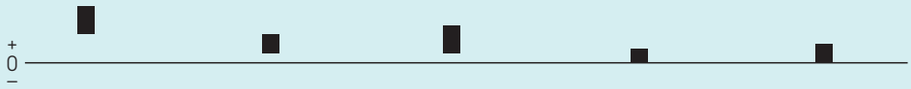
[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 17

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes



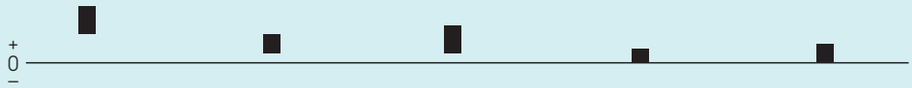
Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1)] Clases de tolerancia									
				F7Ⓔ		G6Ⓔ		G7Ⓔ		H5Ⓔ		H6Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte) Juego teórico (+) Juego probable (+)									
más de	hasta incl.	inf.	sup.										
mm		µm		µm									
6	**10**	0	–8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9
				+13	+36	+5	+22	+5	+28	0	+14	0	+17
				+16	+33	+7	+20	+8	+25	+2	+12	+2	+15
10	**18**	0	–8	+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11
				+16	+42	+6	+25	+6	+32	0	+16	0	+19
				+19	+39	+8	+23	+9	+29	+2	+14	+2	+17
18	**30**	0	–9	+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	+0	+13
				+20	+50	+7	+29	+7	+37	0	+18	0	+22
				+23	+47	+10	+26	+10	+34	+2	+16	+3	+19
30	**50**	0	–11	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16
				+25	+61	+9	+36	+9	+45	0	+22	0	+27
				+29	+57	+12	+33	+13	+41	+3	+19	+3	+24
50	**80**	0	–13	+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19
				+30	+73	+10	+42	+10	+53	0	+26	0	+32
				+35	+68	+14	+38	+15	+48	+3	+23	+4	+28
80	**120**	0	–15	+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22
				+36	+86	+12	+49	+12	+62	0	+30	0	+37
				+41	+81	+17	+44	+17	+57	+4	+26	+5	+32
120	**150**	0	–18	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+101	+14	+57	+14	+72	0	+36	0	+43
				+50	+94	+20	+51	+21	+65	+5	+31	+6	+37
150	**180**	0	–25	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+108	+14	+64	+14	+79	0	+43	0	+50
				+51	+100	+21	+57	+22	+71	+6	+37	+7	+43
180	**250**	0	–30	+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29
				+50	+126	+15	+74	+15	+91	0	+50	0	+59
				+60	+116	+23	+66	+25	+81	+6	+44	+8	+51
250	**315**	0	–35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32
				+56	+143	+17	+84	+17	+104	0	+58	0	+67
				+68	+131	+26	+75	+29	+92	+8	+50	+9	+58
315	**400**	0	–40	+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36
				+62	+159	+18	+94	+18	+115	0	+65	0	+76
				+75	+146	+29	+83	+31	+102	+8	+57	+11	+65
400	**500**	0	–45	+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40
				+68	+176	+20	+105	+20	+128	0	+72	0	+85
				+83	+161	+32	+93	+35	+113	+9	+63	+12	+73
500	**630**	0	–50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44
				+76	+196	+22	+116	+22	+142	0	+78	0	+94
				+92	+180	+35	+103	+38	+126	+10	+68	+13	+81
630	**800**	0	–75	+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50
				+80	+235	+24	+149	+24	+179	0	+107	0	+125
				+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 17

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				F7Ⓔ		G6Ⓔ		G7Ⓔ		H5Ⓔ		H6Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Juego teórico (+)									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Juego probable (+)									
mm		µm		µm									
800	**1 000**	0	–100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56
				+86	+276	+26	+182	+26	+216	0	+136	0	+156
				+113	+249	+46	+162	+53	+189	+14	+122	+20	+136
1 000	**1 250**	0	–125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66
				+98	+328	+28	+219	+28	+258	0	+167	0	+191
				+131	+295	+52	+195	+61	+225	+17	+150	+24	+167
1 250	**1 600**	0	–160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78
				+110	+395	+30	+268	+30	+315	0	+210	0	+238
				+150	+355	+60	+238	+70	+275	+21	+189	+30	+208
1 600	**2 000**	0	–200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92
				+120	+470	+32	+324	+32	+382	0	+260	0	+292
				+170	+420	+67	+289	+82	+332	+25	+235	+35	+257
2 000	**2 500**	0	–250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110
				+130	+555	+34	+394	+34	+459	0	+320	0	+360
				+189	+496	+77	+351	+93	+400	+30	+290	+43	+317

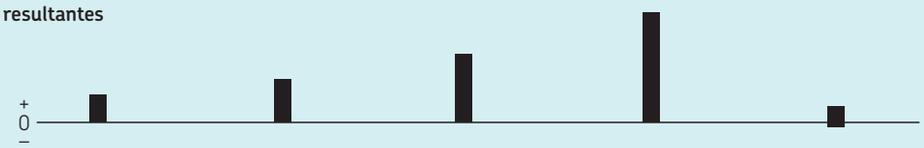
[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 18

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes



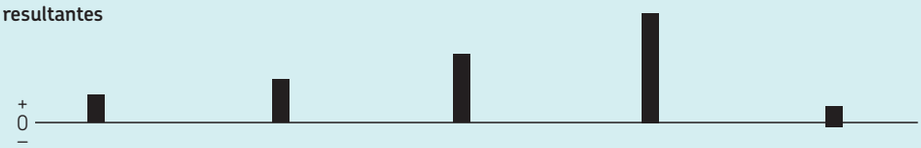
Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1)] Clases de tolerancia									
				H7Ⓔ		H8Ⓔ		H9Ⓔ		H10Ⓔ		J6Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
6	**10**	0	–8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	–4	+5
				0	+23	0	+30	0	+44	0	+66	–4	+13
				+3	+20	+3	+27	+3	+41	+3	+63	–2	+11
10	**18**	0	–8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	–5	+6
				0	+26	0	+35	0	+51	0	+78	–5	+14
				+3	+23	+3	+32	+3	+48	+3	+75	–3	+12
18	**30**	0	–9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	–5	+8
				0	+30	0	+42	0	+61	0	+93	–5	+17
				+3	+27	+3	+39	+4	+57	+4	+89	–2	+14
30	**50**	0	–11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	–6	+10
				0	+36	0	+50	0	+73	0	+111	–6	+21
				+4	+32	+4	+46	+5	+68	+5	+106	–3	+18
50	**80**	0	–13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	–6	+13
				0	+43	0	+59	0	+87	0	+133	–6	+26
				+5	+38	+5	+54	+5	+82	+6	+127	–2	+22
80	**120**	0	–15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	–6	+16
				0	+50	0	+69	0	+102	0	+155	–6	+31
				+5	+45	+6	+63	+6	+96	+7	+148	–1	+26
120	**150**	0	–18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	–7	+18
				0	+58	0	+81	0	+118	0	+178	–7	+36
				+7	+51	+7	+74	+8	+110	+8	+170	–1	+30
150	**180**	0	–25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	–7	+18
				0	+65	0	+88	0	+125	0	+185	–7	+43
				+8	+57	+10	+78	+10	+115	+11	+174	0	+36
180	**250**	0	–30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	–7	+22
				0	+76	0	+102	0	+145	0	+215	–7	+52
				+10	+66	+12	+90	+13	+132	+13	+202	+1	+44
250	**315**	0	–35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	–7	+25
				0	+87	0	+116	0	+165	0	+245	–7	+60
				+12	+75	+13	+103	+15	+150	+16	+229	+2	+51
315	**400**	0	–40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	–7	+29
				0	+97	0	+129	0	+180	0	+270	–7	+69
				+13	+84	+15	+114	+17	+163	+18	+252	+4	+58
400	**500**	0	–45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	–7	+33
				0	+108	0	+142	0	+200	0	+295	–7	+78
				+15	+93	+17	+125	+19	+181	+20	+275	+5	+66
500	**630**	0	–50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	–	–
				0	+120	0	+160	0	+225	0	+330	–	–
				+16	+104	+19	+141	+21	+204	+22	+308	–	–

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 18

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				H7Ⓔ		H8Ⓔ		H9Ⓔ		H10Ⓔ		J6Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
630	**800**	0	–75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	–	–
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	–	–
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	–	–
800	**1 000**	0	–100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	–	–
				0	+190	0	+240	0	+330	0	+460	–	–
				+27	+163	+33	+207	+39	+291	+43	+417	–	–
1 000	**1 250**	0	–125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	–	–
				0	+230	0	+290	0	+385	0	+545	–	–
				+33	+197	+41	+249	+48	+337	+53	+492	–	–
1 250	**1 600**	0	–160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	–	–
				0	+285	0	+355	0	+470	0	+660	–	–
				+40	+245	+51	+304	+60	+410	+67	+593	–	–
1 600	**2 000**	0	–200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	–	–
				0	+350	0	+430	0	+570	0	+800	–	–
				+50	+300	+62	+368	+74	+496	+83	+717	–	–
2 000	**2 500**	0	–250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	–	–
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	–	–
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	–	–

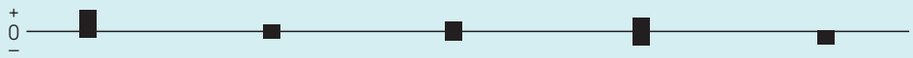
[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 19

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes



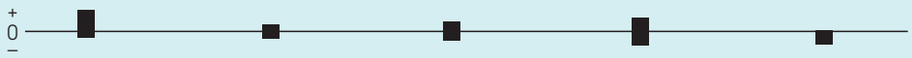
Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1)] Clases de tolerancia									
				J7Ⓔ		JS5Ⓔ		JS6Ⓔ		JS7Ⓔ		K5Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
6	**10**	0	–8	–7	+8	–3	+3	–4,5	+4,5	–7,5	+7,5	–5	+1
				–7	+16	–3	+11	–4,5	+12,5	–7,5	+15,5	–5	+9
				–4	+13	–1	+9	–3	+11	–5	+13	–3	+7
10	**18**	0	–8	–8	+10	–4	+4	–5,5	+5,5	–9	+9	–6	+2
				–8	+18	–4	+12	–5,5	+13,5	–9	+17	–6	+10
				–5	+15	–2	+10	–3	+11	–6	+14	–4	+8
18	**30**	0	–9	–9	+12	–4,5	+4,5	–6,5	+6,5	–10,5	+10,5	–8	+1
				–9	+21	–4,5	+13,5	–6,5	+15,5	–10,5	+19,5	–8	+10
				–6	+18	–2	+11	–4	+13	–7	+16	–6	+8
30	**50**	0	–11	–11	+14	–5,5	+5,5	–8	+8	–12,5	+12,5	–9	+2
				–11	+25	–5,5	+16,5	–8	+19	–12,5	+23,5	–9	+13
				–7	+21	–3	+14	–5	+16	–9	+20	–6	+10
50	**80**	0	–13	–12	+18	–6,5	+6,5	–9,5	+9,5	–15	+15	–10	+3
				–12	+31	–6,5	+19,5	–9,5	+22,5	–15	+28	–10	+16
				–7	+26	–3	+16	–6	+19	–10	+23	–7	+13
80	**120**	0	–15	–13	+22	–7,5	+7,5	–11	+11	–17,5	+17,5	–13	+2
				–13	+37	–7,5	+22,5	–11	+26	–17,5	+32,5	–13	+17
				–8	+32	–4	+19	–6	+21	–12	+27	–9	+13
120	**150**	0	–18	–14	+26	–9	+9	–12,5	+12,5	–20	+20	–15	+3
				–14	+44	–9	+27	–12,5	+30,5	–20	+38	–15	+21
				–7	+37	–4	+22	–7	+25	–13	+31	–10	+16
150	**180**	0	–25	–14	+26	–9	+9	–12,5	+12,5	–20	+20	–15	+3
				–14	+51	–9	+34	–12,5	+37,5	–20	+45	–15	+28
				–6	+43	–3	+28	–6	+31	–12	+37	–9	+22
180	**250**	0	–30	–16	+30	–10	+10	–14,5	+14,5	–23	+23	–18	+2
				–16	+60	–10	+40	–14,5	+44,5	–23	+53	–18	+32
				–6	+50	–4	+34	–6	+36	–13	+43	–12	+26
250	**315**	0	–35	–16	+36	–11,5	+11,5	–16	+16	–26	+26	–20	+3
				–16	+71	–11,5	+46,5	–16	–51	–26	+61	–20	+38
				–4	+59	–4	+39	–7	+42	–14	+49	–12	+30
315	**400**	0	–40	–18	+39	–12,5	+12,5	–18	+18	–28,5	+28,5	–22	+3
				–18	+79	–12,5	+52,5	–18	+58	–28,5	+68,5	–22	+43
				–5	+66	–4	+44	–7	+47	–15	+55	–14	+35
400	**500**	0	–45	–20	+43	–13,5	+13,5	–20	+20	–31,5	+31,5	–25	+2
				–20	+88	–13,5	+58,5	–20	+65	–31,5	+76,5	–25	+47
				–5	+73	–4	+49	–8	+53	–17	+62	–16	+38
500	**630**	0	–50	–	–	–14	+14	–22	+22	–35	+35	–	–
				–	–	–14	+64	–22	+72	–35	+85	–	–
				–	–	–4	+54	–9	+59	–19	+69	–	–

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 19

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				J7Ⓔ		JS5Ⓔ		JS6Ⓔ		JS7Ⓔ		K5Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
630	**800**	0	–75	–	–	–16	+16	–25	+25	–40	+40	–	–
				–	–	–16	+91	–25	+100	–40	+115	–	–
				–	–	–4	+79	–8	+83	–18	+93	–	–
800	**1 000**	0	–100	–	–	–18	+18	–28	+28	–45	+45	–	–
				–	–	–18	+118	–28	+128	–45	+145	–	–
				–	–	–4	+104	–8	+108	–18	+118	–	–
1 000	**1 250**	0	–125	–	–	–21	+21	–33	+33	–52	+52	–	–
				–	–	–21	+146	–33	+158	–52	+177	–	–
				–	–	–4	+129	–9	+134	–20	+145	–	–
1 250	**1 600**	0	–160	–	–	–25	+25	–39	+39	–62	+62	–	–
				–	–	–25	+185	–39	+199	–62	+222	–	–
				–	–	–4	+164	–9	+169	–22	+182	–	–
1 600	**2 000**	0	–200	–	–	–30	+30	–46	+46	–75	+75	–	–
				–	–	–30	+230	–46	+246	–75	+275	–	–
				–	–	–5	+205	–11	+211	–25	+225	–	–
2 000	**2 500**	0	–250	–	–	–35	+35	–55	+55	–87	+87	–	–
				–	–	–35	+285	–55	+305	–87	+337	–	–
				–	–	–5	+255	–12	+262	–28	+278	–	–

[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 20

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes

Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				K6Ⓔ		K7Ⓔ		M5Ⓔ		M6Ⓔ		M7Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
6	**10**	0	–8	–7	+2	–10	+5	–10	–4	–12	–3	–15	0
				–7	+10	–10	+13	–10	+4	–12	+5	–15	+8
				–5	+8	–7	+10	–8	+2	–10	+3	–12	+5
10	**18**	0	–8	–9	+2	–12	+6	–12	–4	–15	–4	–18	0
				–9	+10	–12	+14	–12	+4	–15	+4	–18	+8
				–7	+8	–9	+11	–10	+2	–13	+2	–15	+5
18	**30**	0	–9	–11	+2	–15	+6	–14	–4	–17	–4	–21	0
				–11	+11	–15	+15	–14	+4	–17	+5	–21	+9
				–8	+8	–12	+12	–12	+2	–14	+2	–18	+6
30	**50**	0	–11	–13	+3	–18	+7	–16	–5	–20	–4	–25	0
				–13	+14	–18	+18	–16	+6	–20	+7	–25	+11
				–10	+11	–14	+14	–13	+3	–17	+4	–21	+7
50	**80**	0	–13	–15	+4	–21	+9	–19	–6	–24	–5	–30	0
				–15	+17	–21	+22	–19	+7	–24	+8	–30	+13
				–11	+13	–16	+17	–16	+4	–20	+4	–25	+8
80	**120**	0	–15	–18	+4	–25	+10	–23	–8	–28	–6	–35	0
				–18	+19	–25	+25	–23	+7	–28	+9	–35	+15
				–13	+14	–20	+20	–19	+3	–23	+4	–30	+10
120	**150**	0	–18	–21	+4	–28	+12	–27	–9	–33	–8	–40	0
				–21	+22	–28	+30	–27	+9	–33	+10	–40	+18
				–15	+16	–21	+23	–22	+4	–27	+4	–33	+11
150	**180**	0	–25	–21	+4	–28	+12	–27	–9	–33	–8	–40	0
				–21	+29	–28	+37	–27	+16	–33	+17	–40	+25
				–14	+22	–20	+29	–21	+10	–26	+10	–32	+17
180	**250**	0	–30	–24	+5	–33	+13	–31	–11	–37	–8	–46	0
				–24	+35	–33	+43	–31	+19	–37	+22	–46	+30
				–16	+27	–23	+33	–25	+13	–29	+14	–36	+20
250	**315**	0	–35	–27	+5	–36	+16	–36	–13	–41	–9	–52	0
				–27	+40	–36	+51	–36	+22	–41	+26	–52	+35
				–18	+31	–24	+39	–28	+14	–32	+17	–40	+23
315	**400**	0	–40	–29	+7	–40	+17	–39	–14	–46	–10	–57	0
				–29	+47	–40	+57	–39	+26	–46	+30	–57	+40
				–18	+36	–27	+44	–31	+18	–35	+19	–44	+27
400	**500**	0	–45	–32	+8	–45	+18	–43	–16	–50	–10	–63	0
				–32	+53	–45	+63	–43	+29	–50	+35	–63	+45
				–20	+41	–30	+48	–34	+20	–38	+23	–48	+30
500	**630**	0	–50	–44	0	–70	0	–	–	–70	–26	–96	–26
				–44	+50	–70	+50	–	–	–70	+24	–96	+24
				–31	+37	–54	+34	–	–	–57	+11	–80	+8

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 20

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes

Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia									
				K6Ⓔ		K7Ⓔ		M5Ⓔ		M6Ⓔ		M7Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
630	**800**	0	–75	–50	0	–80	0	–	–	–80	–30	–110	–30
				–50	+75	–80	+75	–	–	–80	+45	–110	+45
				–33	+58	–58	+53	–	–	–63	+28	–88	+23
800	**1 000**	0	–100	–56	0	–90	0	–	–	–90	–34	–124	–34
				–56	+100	–90	+100	–	–	–90	+66	–124	+66
				–36	+80	–63	+73	–	–	–70	+46	–97	+39
1 000	**1 250**	0	–125	–66	0	–105	0	–	–	–106	–40	–145	–40
				–66	+125	–105	+125	–	–	–106	+85	–145	+85
				–42	+101	–72	+92	–	–	–82	+61	–112	+52
1 250	**1 600**	0	–160	–78	0	–125	0	–	–	–126	–48	–173	–48
				–78	+160	–125	+160	–	–	–126	+112	–173	+112
				–48	+130	–85	+120	–	–	–96	+82	–133	+72
1 600	**2 000**	0	–200	–92	0	–150	0	–	–	–158	–58	–208	–58
				–92	+200	–150	+200	–	–	–150	+142	–208	+142
				–57	+165	–100	+150	–	–	–115	+107	–158	+92
2 000	**2 500**	0	–250	–110	0	–175	0	–	–	–178	–68	–243	–68
				–110	+250	–175	+250	–	–	–178	+182	–243	+182
				–67	+207	–116	+191	–	–	–135	+139	–184	+123

[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 21

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes

Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1)] Clases de tolerancia							
				N6Ⓔ		N7Ⓔ		P6Ⓔ		P7Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)							
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos							
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables							
mm		µm		µm							
6	**10**	0	–8	–16	–7	–19	–4	–21	–12	–24	–9
				–16	+1	–19	+4	–21	–4	–24	–1
				–14	–1	–16	+1	–19	–6	–21	–4
10	**18**	0	–8	–20	–9	–23	–5	–26	–15	–29	–11
				–20	–1	–23	+3	–26	–7	–29	–3
				–18	–3	–20	0	–24	–9	–26	–6
18	**30**	0	–9	–24	–11	–28	–7	–31	–18	–35	–14
				–24	–2	–28	+2	–31	–9	–35	–5
				–21	–5	–25	–1	–28	–12	–32	–8
30	**50**	0	–11	–28	–12	–33	–8	–37	–21	–42	–17
				–28	–1	–33	+3	–37	–10	–42	–6
				–25	–4	–29	–1	–34	–13	–38	–10
50	**80**	0	–13	–33	–14	–39	–9	–45	–26	–51	–21
				–33	–1	–39	+4	–45	–13	–51	–8
				–29	–5	–34	–1	–41	–17	–46	–13
80	**120**	0	–15	–38	–16	–45	–10	–52	–30	–59	–24
				–38	–1	–45	+5	–52	–15	–59	–9
				–33	–6	–40	0	–47	–20	–54	–14
120	**150**	0	–18	–45	–20	–52	–12	–61	–36	–68	–28
				–45	–2	–52	+6	–61	–18	–68	–10
				–39	–8	–45	–1	–55	–24	–61	–17
150	**180**	0	–25	–45	–20	–52	–12	–61	–36	–68	–28
				–45	+5	–52	+13	–61	–11	–68	–3
				–38	–2	–44	+5	–54	–18	–60	–11
180	**250**	0	–30	–51	–22	–60	–14	–70	–41	–79	–33
				–51	+8	–60	+16	–70	–11	–79	–3
				–43	0	–50	+6	–62	–19	–69	–13
250	**315**	0	–35	–57	–25	–66	–14	–79	–47	–88	–36
				–57	+10	–66	+21	–79	–12	–88	–1
				–48	+1	–54	+9	–70	–21	–76	–13
315	**400**	0	–40	–62	–26	–73	–16	–87	–51	–98	–41
				–62	+14	–73	+24	–87	–11	–98	–1
				–51	+3	–60	+11	–76	–22	–85	–14
400	**500**	0	–45	–67	–27	–80	–17	–95	–55	–108	–45
				–67	+18	–80	+28	–95	–10	–108	0
				–55	+6	–65	+13	–83	–22	–93	–15
500	**630**	0	–50	–88	–44	–114	–44	–122	–78	–148	–78
				–88	+6	–114	+6	–122	–28	–148	–28
				–75	–7	–98	–10	–109	–41	–132	–44

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 21

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes

Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior $t_{\Delta Dmp}$		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes**[1] Clases de tolerancia							
				N6Ⓔ		N7Ⓔ		P6Ⓔ		P7Ⓔ	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)							
				Interferencia (–)/juego (+) teóricos							
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (–)/juego (+) probables							
mm		µm		µm							
630	**800**	0	–75	–100	–50	–130	–50	–138	–88	–168	–88
				–100	+25	–130	+25	–138	–13	–168	–13
				–83	+8	–108	+3	–121	–30	–146	–35
800	**1 000**	0	–100	–112	–56	–146	–56	–156	–100	–190	–100
				–112	+44	–146	+44	–156	0	–190	0
				–92	+24	–119	+17	–136	–20	–163	–27
1 000	**1 250**	0	–125	–132	–66	–171	–66	–186	–120	–225	–120
				–132	+59	–171	+59	–186	+5	–225	+5
				–108	+35	–138	+26	–162	–19	–192	–28
1 250	**1 600**	0	–160	–156	–78	–203	–78	–218	–140	–265	–140
				–156	+82	–203	+82	–218	+20	–265	+20
				–126	+52	–163	+42	–188	–10	–225	–20
1 600	**2 000**	0	–200	–184	–92	–242	–92	–262	–170	–320	–170
				–184	+108	–242	+108	–262	+30	–320	+30
				–149	+73	–192	+58	–227	–5	–270	–20
2 000	**2 500**	0	–250	–220	–110	–285	–110	–305	–195	–370	–195
				–220	+140	–285	+140	–305	+55	–370	+55
				–177	+97	–226	+81	–262	+12	–311	–4

[1] Los valores son válidos para la mayoría de los rodamientos con tolerancias normales. Para conocer las excepciones, consulte la sección *Tolerancias y ajustes resultantes*, **página 153**.

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Disposiciones relacionadas con el montaje y desmontaje

Especialmente cuando los rodamientos son grandes, SKF recomienda realizar las previsiones durante la fase de diseño a fin de que el montaje y el desmontaje resulten más fáciles, incluidos:

- ranuras o rebajes mecanizados en los resaltes del eje o el soporte para poder utilizar las herramientas de desmontaje (**fig. 8**)
- orificios roscados en los resaltes del soporte para poder utilizar pernos en el desmontaje (**fig. 9**)
- conductos de suministro de aceite y ranuras de distribución en el eje para poder utilizar el método de inyección de aceite (**fig. 10**)

  Las dimensiones recomendadas para los conductos de suministro de aceite y ranuras de distribución se indican en la **tabla 22**, y para los orificios roscados en la **tabla 23**. Si se utiliza el método de inyección de aceite, Ra no deberá ser mayor que 1,6 µm.

Fig. 8

Ranuras o rebajes en el eje para aplicar herramientas de desmontaje

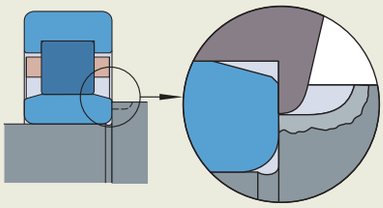


Fig. 9

Orificios roscados en el soporte para extraer del asiento el rodamiento mediante el uso de pernos

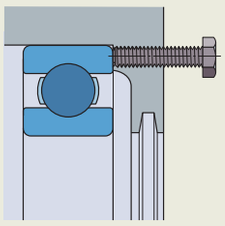
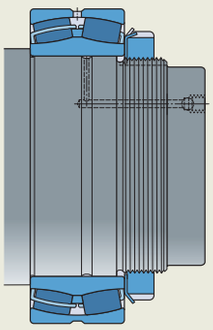


Fig. 10

Conducto y ranura para la inyección de aceite

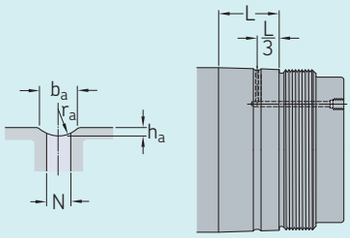


Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Tabla 22

Dimensiones recomendadas para los conductos de suministro de aceite y las ranuras de distribución

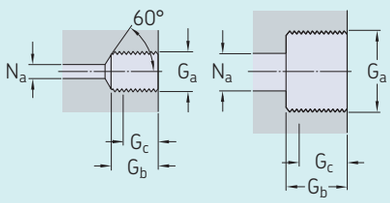


Diámetro del asiento >	≤	Dimensiones b_a	h_a	r_a	N
mm		mm			
–	**100**	3	0,5	2,5	2,5
100	**150**	4	0,8	3	3
150	**200**	4	0,8	3	3
200	**250**	5	1	4	4
250	**300**	5	1	4	4
300	**400**	6	1,25	4,5	5
400	**500**	7	1,5	5	5
500	**650**	8	1,5	6	6
650	**800**	10	2	7	7
800	**1 000**	12	2,5	8	8

L = Ancho del asiento del rodamiento

Tabla 23

Diseño y dimensiones recomendadas para los orificios roscados para la conexión del suministro de aceite



Diseño A Diseño B

Rosca G_a	Diseño	Dimensiones G_b	G_c[1]	N_a máx.
–	–	mm		
M6	**A**	10	8	3
G 1/8	**A**	12	10	3
G 1/4	**A**	15	12	5
G 3/8	**B**	15	12	8
G 1/2	**B**	18	14	8
G 3/4	**B**	20	16	8

[1] Longitud efectiva de roscado

Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Fijación axial de los aros de rodamientos

En general, un ajuste de interferencia por sí solo no es suficiente para fijar axialmente el aro del rodamiento en un asiento cilíndrico. Las maneras habituales de fijar axialmente los aros de rodamientos incluyen:

- resaltes del eje o del soporte
- tuercas de fijación o aros roscados (**fig. 11** y **fig. 12**)
- placas de fijación o tapas de soportes (**fig. 13** y **fig. 14**)
- anillos distanciadores, que se apoyan contra las piezas adyacentes (**fig. 15**)
- anillos elásticos (**fig. 16**)

Cualquier fijación axial debe ser capaz de soportar las cargas axiales que puedan aplicarse al rodamiento.

Rodamientos con agujero cónico

Según las condiciones y los requisitos, las maneras habituales de fijar axialmente el aro interior de un rodamiento con agujero cónico son:

- una tuerca de fijación para rodamientos montados sobre un asiento cónico (**fig. 17**)
- solo un manguito de fijación (**fig. 18**), si no se requiere un posicionamiento axial preciso y las cargas axiales no superan la fricción entre el manguito y el eje
- un manguito de fijación y un anillo distanciador (**fig. 19**), si se requiere posicionamiento axial preciso o se producen cargas axiales elevadas
- un manguito de desmontaje con un anillo distanciador (o resalte del eje) y la tuerca de fijación (**fig. 20**)

Resaltes y radios de acuerdo

Al diseñar los resaltes, se debe dejar el espacio necesario para evitar el contacto entre las piezas giratorias y las piezas fijas.

Las dimensiones del radio de acuerdo del eje y el soporte deben ser siempre menores que los radios del chaflán del rodamiento. Los ejes que soportan cargas pesadas pueden requerir radios de acuerdo mayores y puede ser necesario un casquillo distanciador (**fig. 21**).

En las tablas de los productos, se indican las dimensiones adecuadas para resaltes y radios de acuerdo.

Fig. 11

Aro interior soportado mediante una tuerca de fijación y el resalte del eje

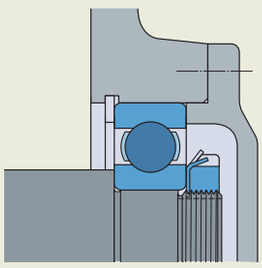


Fig. 13

Aro interior soportado mediante una placa de fijación y el resalte del eje

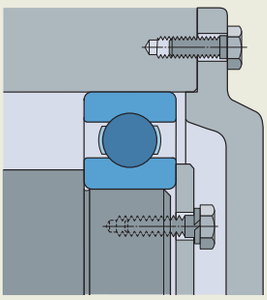


Fig. 15

Aro interior soportado mediante un anillo distanciador y la tuerca de fijación

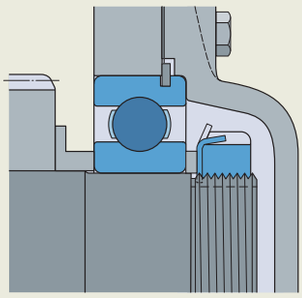


Fig. 12

Aro exterior soportado mediante un aro roscado

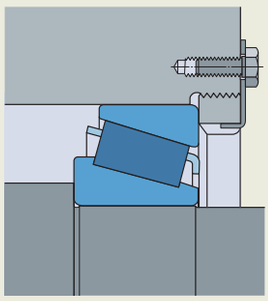


Fig. 14

Aro exterior soportado mediante la tapa del soporte y el resalte del soporte

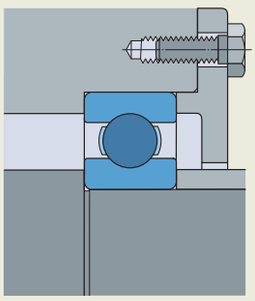
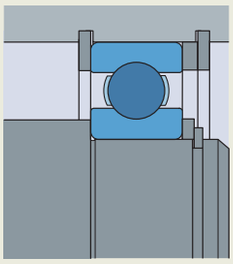


Fig. 16

Rodamiento soportado axialmente mediante anillos elásticos y el resalte del eje



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

www.rodavigo.net +34 986 288118
Servicio de Att. al Cliente

Rodamientos montados radialmente libres para carga axial

Puede querer utilizar rodamientos individuales en una disposición de rodamientos para soportar por separado los componentes radial y axial de la carga. Una disposición típica consiste en utilizar un rodamiento de rodillos cilíndricos y un rodamiento de bolas con cuatro puntos de contacto (**fig. 22**).

Al utilizar un rodamiento individual para soportar la carga axial, debe asegurarse de que este rodamiento no se vea sometido a cargas radiales accidentales, para ello:

- se debe diseñar el diámetro del agujero de su soporte para que sea aproximadamente 1 mm más grande que el diámetro exterior del rodamiento
- no se debe fijar el aro exterior en la dirección axial para permitir su posicionamiento radial libre

Otra posibilidad es considerar el uso de un pasador antirrotación. El sufijo de designación N2 indica que el rodamiento tiene dos ranuras de fijación en el aro exterior.

Caminos de rodadura en ejes y en soportes

Para ahorrar espacio, los elementos rodantes de los rodamientos de rodillos cilíndricos, de rodillos cónicos y de agujas pueden desplazarse directamente en los caminos de rodadura sobre el eje y/o en el soporte. Para aprovechar al máximo la capacidad de carga, los caminos de rodadura deben cumplir determinados requisitos, incluidos:

- un material con propiedades adecuadas como limpieza, dureza y tratamiento térmico
- rugosidad y textura superficial adecuadas
- tolerancias adecuadas de perfil, redondez y variación total

Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Fig. 17

Rodamiento sobre un asiento cónico, soportado mediante una tuerca de fijación

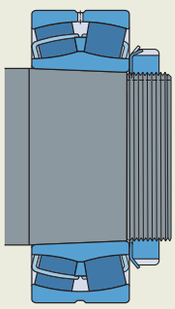


Fig. 19

Rodamiento sobre un manguito de fijación, posicionado mediante un anillo distanciador

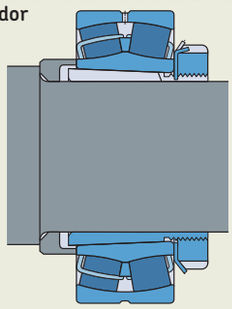


Fig. 21

Casquillo distanciador diseñado para evitar el contacto con el radio de acuerdo del eje

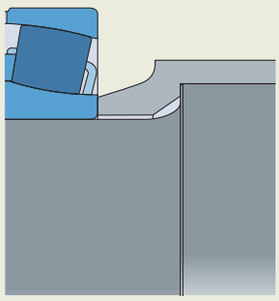


Fig. 18

Rodamiento sobre un manguito de fijación

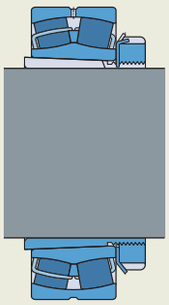


Fig. 20

Rodamiento sobre un manguito de desmontaje

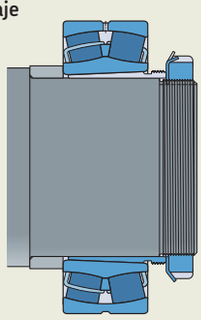
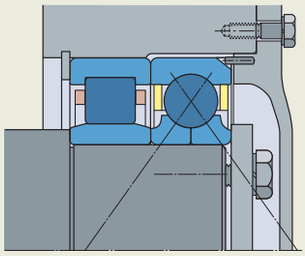


Fig. 22

Rodamiento de rodillos cilíndricos para carga radial y rodamiento de bolas con cuatro puntos de contacto para carga axial



Polígono Industrial O Rebullón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com