Manual de mantenimiento de los rodamientos SKF



® SKF, @PTITUDE, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCOAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE y VIBRACON son marcas registradas del Grupo SKF.

™ SKF EXPLORER es una marca del Grupo SKF.

Epocast 36 es una marca registrada de H. A. Springer marine + industrie service GmbH, una empresa de Illinois Tool Works

© Grupo SKF 2022
El contenido de esta publicación es propiedad de los editores y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización previa por escrito. Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicha información.

PUB SR/P7 10001/1 ES.AR · Mayo 2022

ISBN 978-91-978966-4-1

Algunas imágenes se utilizan bajo licencia de Shutterstock.com

Ciertas imágenes actualizadas debido a GDPR.

1 Nociones básicas 8
2 Montaje de rodamientos 44
3 Montaje de unidades de rodamientos 92
4 Montaje de soportes para rodamientos. 122
5 Instalación de sellos. 140
6 Alineación. 158
7 Lubricación. 178
8 Inspección. 216
9 Resolución de problemas. 228
10 Desmontaje 252
11 Daños en los rodamientos y sus causas 288
12 Apoyo al mantenimiento 324
13 Apéndices. 332
14 Índice 438

Manual de mantenimiento de los rodamientos SKF

Prólogo

El manual de mantenimiento de los rodamientos SKF es una guía de trabajo completa para el profesional del mantenimiento. Con las recomendaciones de este manual, SKF pretende fomentar prácticas de mantenimiento seguras y competentes que ayuden a prolongar la vida útil de los rodamientos, reducir el tiempo de inactividad de las máquinas y minimizar las actividades de mantenimiento no planificadas.

Este manual no está concebido como un catálogo de diseño de aplicaciones. Para obtener información detallada sobre el diseño de las disposiciones de rodamientos, visite www.skf.com/bearings.

Estructura del manual

El manual está dividido en catorce capítulos, marcados con pestañas azules numeradas en el margen derecho:

- El capítulo 1 trata de las nociones básicas de los rodamientos, los productos relacionados y las disposiciones de rodamientos.
- Los capítulos 2 a 5 contienen instrucciones para el montaje de rodamientos, soportes para rodamientos, unidades de rodamientos y sellos.
- El capítulo 6 describe las actividades de mantenimiento relacionadas con la alineación de la máquina.
- El capítulo 7 proporciona información y recomendaciones para las actividades de mantenimiento importantes en el campo de la lubricación relacionada con los rodamientos.
- El capítulo 8 trata de las actividades de mantenimiento de la inspección y el monitoreo de condición.
- El capítulo 9 trata sobre la resolución de problemas, donde se presentan condiciones de problemas comunes y soluciones sugeridas.
- El capítulo 10 contiene instrucciones para el desmontaje de rodamientos, unidades de rodamientos, soportes para rodamientos y sellos.
- El capítulo 11 está dedicado a los daños en los rodamientos, incluida la clasificación ISO.
- El capítulo 12 ofrece una visión general de los recursos adicionales de SKF para el apoyo al mantenimiento.
- El capítulo 13 contiene los apéndices, con información de referencia importante y necesaria para el trabajo de mantenimiento, así como una visión general de los productos de mantenimiento de SKF.
- El capítulo 14 es el Índice.

Se han tomado todas las precauciones posibles para garantizar la exactitud de la información y que las instrucciones contenidas en este manual sean claras y reflejen una práctica sólida, pero se excluye toda responsabilidad por cualquier error u omisión, así como por el uso indebido de las herramientas y otros equipos suministrados por SKF.

Un apunte sobre la sostenibilidad

Por sostenibilidad, se entiende la realización de actividades con un uso eficiente de los recursos, de modo que no se comprometa a las generaciones futuras. Hay muchas áreas dentro del mantenimiento de los rodamientos en las que se puede ahorrar energía, desde la gestión de residuos hasta la reducción del uso de lubricantes, pasando por el uso adecuado de equipos y herramientas. SKF mantiene su compromiso con un entorno sostenible y alienta a otros a contribuir al ahorro de energía y materiales.

El Grupo SKF

Desde sus comienzos en 1907, con quince empleados que ofrecían una solución simple, a la vez que acertada, a un problema de desalineación en un molino de Suecia, SKF ha crecido hasta convertirse en líder mundial de conocimiento industrial. Con el paso de los años, hemos adquirido un vasto conocimiento sobre rodamientos, que hemos ampliado a sellos, mecatrónica, servicios y sistemas de lubricación. Nuestra red de conocimiento industrial incluye a 46 000 empleados, 15 000 distribuidores, oficinas en más de 130 países y un número cada vez mayor de centros SKF Solution Factory en todo el mundo.



Investigación y desarrollo

Contamos con experiencia práctica en más de cuarenta industrias, que se basa en el conocimiento de nuestros empleados acerca de las condiciones de funcionamiento reales. Además, nuestros especialistas líderes a nivel mundial, así como las universidades con las que colaboramos, son precursores en investigación y desarrollo teórico en áreas que incluyen la tribología, el monitoreo de condición, la gestión de activos y el cálculo de la vida útil de los rodamientos. Nuestro continuo compromiso con la investigación y el desarrollo nos ayuda a mantener a nuestros clientes a la vanguardia de sus industrias.



Los centros SKF Solution Factory permiten el acceso, de manera local, a los conocimientos industriales y a la experiencia en fabricación de SKF, lo que nos permite ofrecer soluciones y servicios únicos a nuestros clientes.

Afrontamos los desafíos más exigentes

Nuestra red de conocimientos y experiencia, junto con nuestro enfoque de combinar nuestras tecnologías clave, nos permite crear soluciones innovadoras para abordar los desafíos más exigentes. Trabajamos estrechamente con nuestros clientes a lo largo de todo el ciclo de vida del activo, y les ayudamos a desarrollar su negocio de manera responsable y rentable.



Trabajamos por un futuro sostenible

Desde 2005, en SKF hemos trabajado para reducir el impacto ambiental de nuestras operaciones y de las de nuestros proveedores. El continuo desarrollo de nuestras tecnologías nos ha permitido lanzar la cartera de productos y servicios SKF BeyondZero, que mejora la eficiencia, reduce las pérdidas de energía y potencia el uso de nuevas tecnologías que aprovechan la energía eólica, solar y oceánica. Este enfoque combinado ayuda a reducir el impacto ambiental de nuestras operaciones y de las de nuestros clientes.



Los Distribuidores Autorizados SKF, asistidos por los sistemas informáticos y logísticos y los especialistas de aplicaciones de SKF, ofrecen una valiosa combinación de conocimientos sobre productos y aplicaciones a clientes de todo el mundo.

SKF: la empresa del conocimiento industrial

Nuestros conocimientos: su éxito

La gestión del ciclo de vida SKF es la manera en que combinamos nuestras plataformas tecnológicas con servicios avanzados, y las aplicamos en cada etapa del ciclo de vida del activo a fin de ayudar a nuestros clientes a tener más éxito y a ser más sostenibles y rentables.



Trabajamos cerca de usted

Nuestro objetivo es ayudar a nuestros clientes a aumentar su productividad, a minimizar sus necesidades de mantenimiento, a lograr una mayor eficiencia energética y un mejor aprovechamiento de los recursos, así como a optimizar los diseños para obtener una mayor vida útil y confiabilidad.

Soluciones innovadoras

Tanto si la aplicación es lineal, giratoria, o una combinación de ambas, los ingenieros de SKF trabajan con usted en cada etapa del ciclo de vida del activo, y examinan el conjunto completo de la aplicación para mejorar el rendimiento de su maquinaria. Este enfoque no se centra exclusivamente en los componentes individuales, como sellos o rodamientos, sino que examina la aplicación en su totalidad, para tener en cuenta cómo interactúa cada uno de los componentes con los demás.

Verificación y optimización del diseño

SKF puede ayudarle a optimizar sus nuevos diseños o los existentes con el software de modelado en 3D propio, que también se puede utilizar como banco de pruebas virtual para confirmar la integridad del diseño.



Rodamientos
SKF es líder mundial en el diseño, desarrollo y fabricación de rodamientos, rótulas, unidades y soportes de rodamientos de alto rendimiento.



Mantenimiento de maquinaria
Las tecnologías de monitoreo de condición y los servicios de mantenimiento de SKF pueden ayudar a minimizar las paradas no planificadas, mejorar la eficacia operativa y reducir los costos de mantenimiento.



Soluciones de sellado
SKF ofrece sellos estándares y soluciones de sellado a medida que permiten aumentar el tiempo productivo, mejorar la confiabilidad de las máquinas, reducir la fricción y las pérdidas de energía, y prolongar la duración del lubricante.



Mecatrónica
Los sistemas de SKF de control por cable "Fly-by-wire" para la industria aeroespacial y de conducción por cable "Drive-by-wire" para aplicaciones de maquinaria pesada, agrícolas y carretillas elevadoras, reemplazan a los pesados sistemas mecánicos e hidráulicos que consumen grasa o aceite.



Soluciones de lubricación
Las soluciones de lubricación de SKF, que ofrecen desde lubricantes especializados hasta sistemas de lubricación avanzados, pueden ayudarle a reducir las paradas relacionadas con la lubricación y el consumo de lubricantes.



Actuación y control del movimiento
Con una amplia gama de productos, desde actuadores y husillos de bolas hasta guías con patines, SKF puede ayudarle a solucionar los desafíos más exigentes de su sistema lineal.


MOMENTUM

Nociones básicas

Terminología 10

Tipos y diseños de rodamientos 12
Rodamientos radiales 12
Rodamientos axiales 18
Roldanas 19
Rodamientos Y 21

Sistema de designación de rodamientos . 22
Designaciones básicas 22
Sufijos de designación 24

Identificación de productos SKF 26
Identificación de rodamientos 26
Identificación de soportes de dos piezas y unidades de rodamientos 27
Sellos de repuesto 27

Vida útil del rodamiento 27
Vida nominal básica 27
Vida nominal SKF 27

Vida útil 28
Vida útil de los rodamientos 28
Vida útil de los sellos 28
Vida útil de los lubricantes 28
Limpieza 28

Juego interno del rodamiento 29

Disposiciones de rodamientos 30
Tipos de disposiciones de rodamientos 30
Disposiciones de rodamientos fijos y libres 30
Disposiciones de rodamientos ajustadas . 31

Métodos de fijación de rodamientos 31
Fijación radial de los rodamientos 31
Selección del ajuste 32
Ajustes y tolerancias recomendados 35
Requisitos de precisión dimensional, de forma y de giro 35
Rugosidad superficial de los asientos de rodamientos 36
Fijación axial de los rodamientos 37
Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo 38

Disposiciones de sellado 39
Sellos externos 39
Soluciones de sellado integrales para rodamientos 40

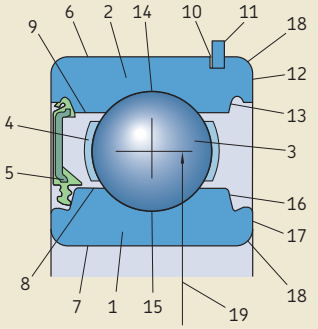
Almacenamiento de rodamientos, sellos y lubricantes 41
Almacenamiento de rodamientos, unidades de rodamientos y soportes 41
Almacenamiento de los sellos elastoméricos 42
Almacenamiento de lubricantes 42
Eliminación de lubricantes 43

Terminología

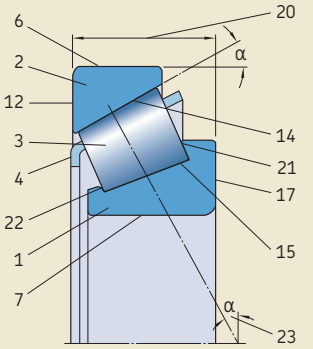
Rodamientos (→ fig. 1)

1 Aro interior
2 Aro exterior
3 Elemento rodante: bola, rodillo cilíndrico, rodillo de agujas, rodillo cónico, rodillo a rótula, rodillo toroidal
4 Jaula
5 Dispositivo de tapado
Sello: fabricado con elastómero, rozante (se muestra en la figura) o no rozante
Placa de protección: fabricada con chapa de acero, no rozante
6 Diámetro exterior del aro exterior
7 Agujero del aro interior
8 Diámetro del reborde del aro interior
9 Diámetro del reborde del aro exterior
10 Ranura para anillo elástico
11 Anillo elástico
12 Cara lateral del aro exterior
13 Rebaje de anclaje para dispositivo de tapado
14 Camino de rodadura del aro exterior
15 Camino de rodadura del aro interior
16 Rebaje para dispositivo de tapado
17 Cara lateral del aro interior
18 Chaflán
19 Diámetro del círculo primitivo del rodamiento
20 Ancho total del rodamiento
21 Pestaña guía
22 Pestaña de retención
23 Ángulo de contacto
24 Arandela del eje
25 Conjunto de elementos rodantes y jaula
26 Arandela del soporte
27 Arandela del soporte con superficie de asiento esférica
28 Arandela de asiento

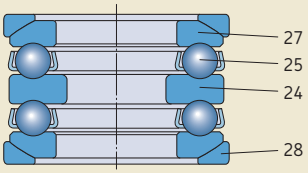
Fig. 1



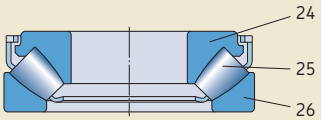
Rodamiento rígido de bolas



Rodamiento de rodillos cónicos



Rodamiento axial de bolas de doble efecto

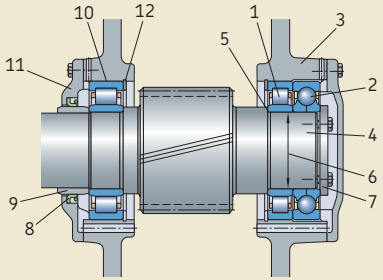


Rodamiento axial de rodillos a rótula

Disposiciones de rodamientos (→ fig. 2)

1 Rodamiento de rodillos cilíndricos
2 Rodamiento de bolas con cuatro puntos de contacto
3 Soporte
4 Eje
5 Tope del resalte del eje
6 Diámetro del eje
7 Placa de fijación
8 Sello radial del eje
9 Anillo distanciador
10 Agujero del soporte
11 Tapa del soporte
12 Anillo elástico

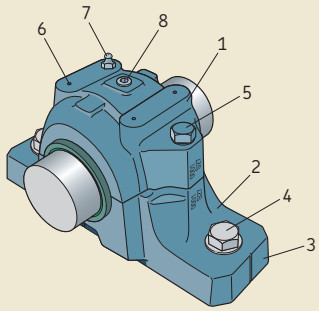
Fig. 2



Soportes (→ fig. 3)

1 Tapa del soporte
2 Base del soporte
3 Pie del soporte
4 Tornillo de fijación
5 Tornillo de tapa
6 Hoyuelo
7 Boquilla engrasadora
8 Orificio para cáncamo

Fig. 3

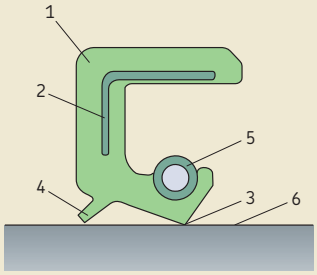


Soporte de pie, de la serie SNL

Sellos (→ fig. 4)

1 Carcasa de caucho
2 Refuerzo de chapa de acero
3 Labio del sello
4 Labio de sello auxiliar
5 Muelle toroidal
6 Superficie de contacto del sello

Fig. 4

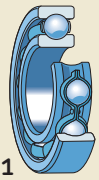


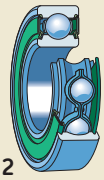
Sello radial del eje

Tipos y diseños de rodamientos

En esta sección, se ofrece un resumen de los diferentes tipos y diseños de rodamientos estándares. La mayoría se ilustran.

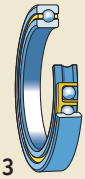
Rodamientos radiales

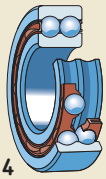




Rodamientos rígidos de bolas

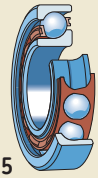
de una hilera, con o sin escotes de llenado
- diseño básico abierto (**1**)
- con placas de protección
- con sellos rozantes (**2**)
- con ranura para anillo elástico, con o sin anillo elástico





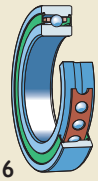
de una hilera con sección fija
- diseño básico abierto (**3**)
- con sellos rozantes

de dos hileras (**4**)

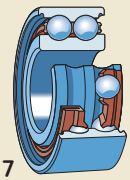


Rodamientos de bolas de contacto angular

de una hilera
- diseño básico para montaje individual
- diseño para emparejamiento universal (**5**)

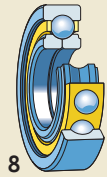


de una hilera de alta precisión y de superprecisión
- diseño básico abierto
- con sellos rozantes
- diseño abierto para alta velocidad
- con sellos rozantes (**6**)
- diseño abierto de alta capacidad
- con sellos rozantes

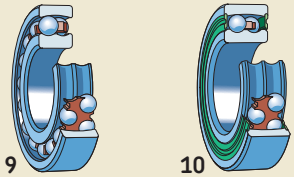


de dos hileras
- con aro interior enterizo (**7**)
  - diseño básico abierto
  - con placas de protección
  - con sellos rozantes
- con aro interior de dos piezas

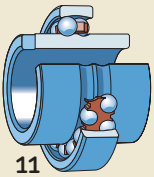
Rodamientos radiales



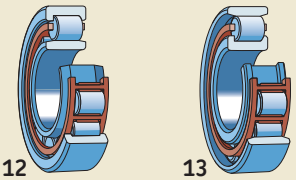
Rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto (**8**)



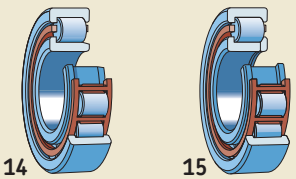
Rodamientos de bolas a rótula
con agujero cilíndrico o cónico
- diseño básico abierto (**9**)
- con sellos rozantes (**10**)



con aro interior prolongado (**11**)

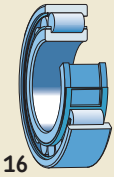


Rodamientos de rodillos cilíndricos
de una hilera
- diseño NU (**12**)
  - con aro angular
- diseño N (**13**)



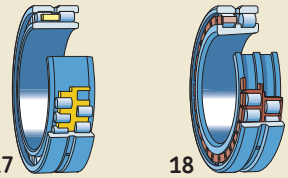
de una hilera
- diseño NJ (**14**)
  - con aro angular
- diseño NUP (**15**)

Rodamientos radiales

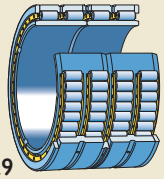


Rodamientos de rodillos cilíndricos

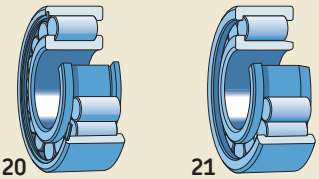
de una hilera
- diseño NCF de alta capacidad (**16**)



de dos hileras
- con agujero cilíndrico o cónico
  - diseño NNU (**17**)
  - diseño NN (**18**)
  - diseño NNUP

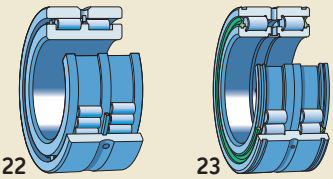


de cuatro hileras
- con agujero cilíndrico o cónico
  - diseño abierto (**19**)
  - con sellos rozantes



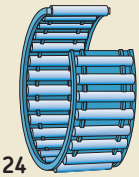
Rodamientos completamente llenos de rodillos cilíndricos

de una hilera
- diseño NCF (**20**)
- diseño NJG (**21**)

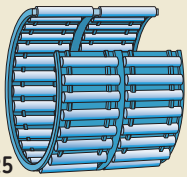


de dos hileras
- con pestañas integrales en el aro interior (**22**)
- con pestañas integrales en los aros interior y exterior
- con sellos rozantes (**23**)

Rodamientos radiales

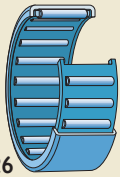


24

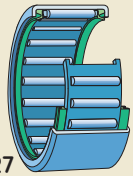


25

Coronas de agujas
de una hilera (**24**)
de dos hileras (**25**)

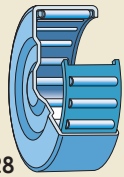


26

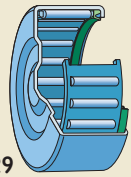


27

Casquillos de agujas sin fondo
de una hilera y de dos hileras
diseño básico abierto (**26**)
con sellos rozantes (**27**)

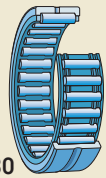


28

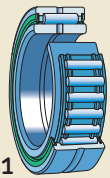


29

Casquillos de agujas, con un extremo cerrado
de una hilera y de dos hileras
diseño básico abierto (**28**)
con sello rozante (**29**)

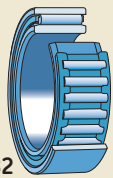


30

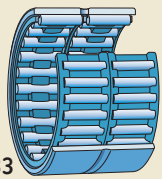


31

Rodamientos de agujas con pestañas
de una hilera y de dos hileras
sin aro interior (**30**)
con aro interior
diseño básico abierto
con sellos rozantes (**31**)



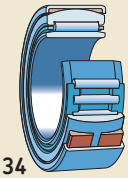
32



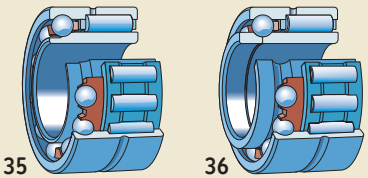
33

Rodamientos de agujas sin pestañas
de una hilera y de dos hileras
con aro interior (**32**)
sin aro interior (**33**)

Rodamientos radiales

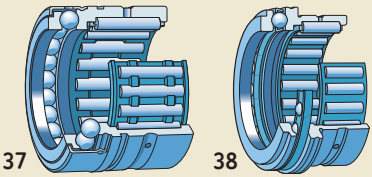


Rodamientos de agujas autoalineables
- sin aro interior
- con aro interior (**34**)

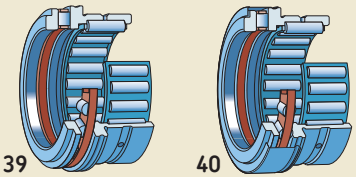


Rodamientos de agujas combinados

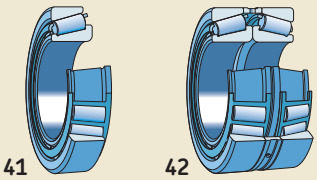
Rodamientos de agujas/de bolas de contacto angular
- de simple efecto (**35**)
- de doble efecto (**36**)



Rodamientos de agujas/axiales de bolas
- con un rodamiento axial completamente lleno de bolas (**37**)
- con conjunto de bolas guiadas por la jaula
  - con o sin (**38**) carcasa



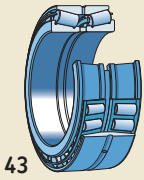
Rodamientos de agujas/axiales de rodillos cilíndricos
- sin carcasa (**39**)
- con carcasa (**40**)



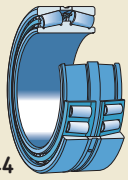
Rodamientos de rodillos cónicos

de una hilera
- rodamientos simples (**41**)
- conjuntos de rodamientos apareados
  - cara a cara (**42**)
  - espalda con espalda
  - en tándem

Rodamientos radiales

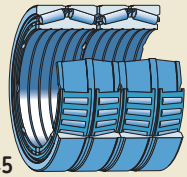


43



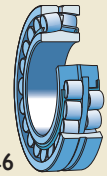
44

de dos hileras
- configuración TDO (espalda con espalda) (**43**)
- configuración TDI (cara a cara) (**44**)

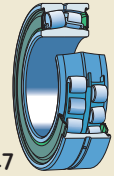


45

de cuatro hileras
- configuración TQO y diseño abierto
  - diseño abierto (**45**)
  - con sellos rozantes
- configuración TQI



46



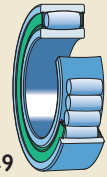
47

Rodamientos de rodillos a rótula

con agujero cilíndrico o cónico
- diseños básicos abiertos (**46**)
- con sellos rozantes (**47**)
- para aplicaciones vibratorias



48

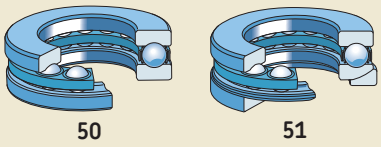


49

Rodamientos de rodillos toroidales CARB

con agujero cilíndrico o cónico
- con conjunto de rodillos guiados por la jaula (**48**)
- completamente llenos de rodillos
  - con sellos rozantes (**49**)

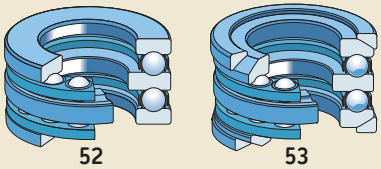
Rodamientos axiales



50 51

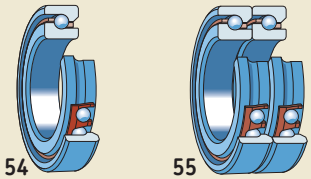
Rodamientos axiales de bolas

de simple efecto
- con arandela de soporte plana (**50**)
- con arandela de soporte esférica
  - con (**51**) o sin arandela de asiento



52 53

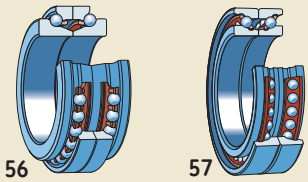
de doble efecto
- con arandelas de soporte planas (**52**)
- con arandelas de soporte esféricas
  - con (**53**) o sin arandelas de asiento



54 55

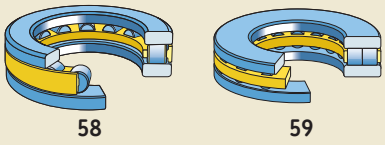
Rodamientos axiales de bolas de contacto angular

rodamientos de alta precisión y de superprecisión
- de simple efecto
  - diseño básico para montaje individual (**54**)
  - diseño para emparejamiento universal
  - conjuntos de rodamientos apareados (**55**)



56 57

de doble efecto
- diseño básico (**56**)
- diseño para altas velocidades (**57**)



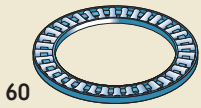
58 59

Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos

de simple efecto
- de una hilera (**58**)
- de dos hileras (**59**)

componentes
- coronas axiales de rodillos cilíndricos
- arandelas de eje y de soporte

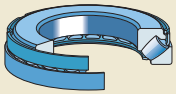
Rodamientos axiales



60

Rodamientos axiales de agujas

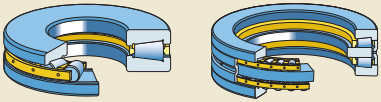
de simple efecto
- coronas axiales de agujas (**60**)
- arandelas de camino de rodadura
- arandelas axiales



61

Rodamientos axiales de rodillos a rótula

de simple efecto (**61**)



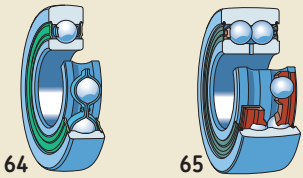
62 63

Rodamientos axiales de rodillos cónicos

de simple efecto
- con o sin (**62**) carcasa
- rodamientos de tornillo

de doble efecto (**63**)

Roldanas

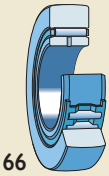


64 65

Rodillos de leva

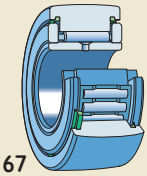
rodillo de leva de una hilera (**64**)
rodillo de leva de dos hileras (**65**)

Roldanas

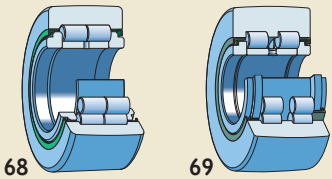


Rodillos de apoyo

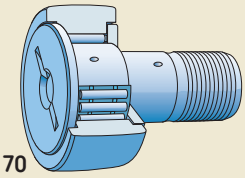
con una corona de agujas, sin guía axial
- con o sin sellos rozantes
  - sin aro interior
  - con aro interior (**66**)



con agujas, con arandelas axiales para guía axial
- con o sin sellos rozantes
  - con una corona de agujas (**67**)
  - completamente llenos de rodillos

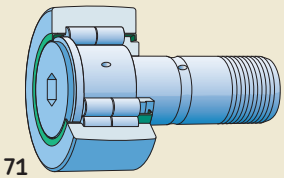


completamente llenos de rodillos cilíndricos, guiados axialmente mediante pestañas
- con sellos laberínticos (**68**)
- con sellos rozantes (**69**)
- con sellos laminares



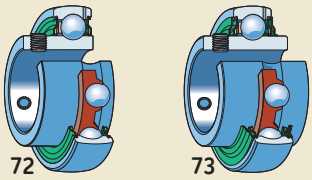
Rodillos de leva con eje

con agujas, guiados axialmente por el perno, la placa axial y las pestañas del rodillo
- con o sin sellos rozantes
  - con asiento concéntrico (**70**)
  - con un anillo de asiento excéntrico
  - con una corona de agujas (**70**)
  - completamente llenos de agujas

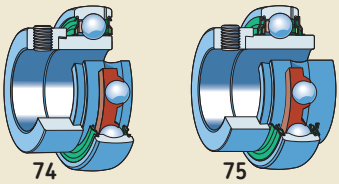


completamente llenos de rodillos cilíndricos, guiados axialmente por el perno, el anillo con pestaña y las pestañas del rodillo
- con sellos laberínticos (**71**)
- con sellos rozantes
- con asiento concéntrico (**71**)
- con un anillo de asiento excéntrico

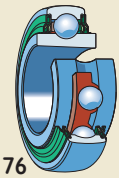
Rodamientos Y



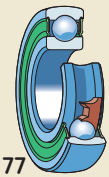
Rodamientos Y (rodamientos de inserción)
con prisioneros
aro interior prolongado por un lado (**72**)
aro interior prolongado por ambos lados (**73**)



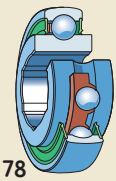
con un anillo de fijación excéntrico
aro interior prolongado por un lado (**74**)
aro interior prolongado por ambos lados (**75**)



con agujero cónico
aro interior prolongado por ambos lados (**76**)
para montaje con manguito de fijación



con aro interior estándar
fijado al eje con un ajuste de interferencia (**77**)



con agujero hexagonal
aro interior prolongado por ambos lados (**78**)

Sistema de designación de rodamientos

Designaciones básicas

Todos los rodamientos estándares SKF tienen una designación básica característica, que generalmente consta de tres, cuatro o cinco cifras o una combinación de letras y cifras. El diseño del sistema utilizado para casi todos los tipos de rodamientos de bolas y de rodillos estándares se muestra de forma esquemática en el **diagrama 1**. Las cifras y combinaciones de letras y cifras tienen el siguiente significado:

- La primera cifra o la primera letra o combinación de letras identifica el tipo de rodamiento y, en su caso, una versión básica.
- Las dos cifras siguientes identifican la serie de dimensiones ISO; la primera cifra indica la serie de ancho o altura (dimensiones B, T o H) y, la segunda, la serie de diámetro (dimensión D).
- Las dos últimas cifras de la designación básica indican el código de tamaño del rodamiento; cuando se multiplica por 5, se obtiene el diámetro del agujero en milímetros.

A continuación, se pueden ver las excepciones más importantes dentro del sistema de designación básica de rodamientos.

1 En algunos casos, se omite la cifra para identificar el tipo de rodamiento o la primera cifra en la identificación de la serie de dimensiones. Estas cifras se encuentran entre paréntesis en el **diagrama 1**.

2 Los rodamientos con diámetros del agujero de 10, 12, 15 o 17 mm tienen las siguientes identificaciones de código de tamaño:
00 = 10 mm
01 = 12 mm
02 = 15 mm
03 = 17 mm

3 Para los rodamientos con un diámetro del agujero inferior a 10 mm, o de 500 mm y superior, el diámetro del agujero se indica generalmente en milímetros y no se codifica. La identificación del tamaño está separada del resto de la designación del rodamiento por medio de una barra inclinada, p. ej., 618/8 (d = 8 mm) o 511/530 (d = 530 mm). Esto también es válido para los rodamientos estándares conformes a la norma ISO 15:1998, que tienen un diámetro del agujero de 22, 28 o 32 mm, p. ej. 62/22 (d = 22 mm).

4 Para algunos rodamientos pequeños con un diámetro del agujero inferior a 10 mm, como los rodamientos rígidos de bolas, de bolas a rótula y de bolas de contacto angular, el diámetro del agujero también se expresa en milímetros (sin codificar), pero no se separa de la designación de la serie mediante una barra inclinada, p. ej., 629, 129 o 709 (d = 9 mm).

5 Los diámetros de agujeros que se desvían de los diámetros estándares del agujero de un rodamiento se indican sin codificar y se expresan en milímetros con un máximo de tres decimales. Esta identificación del diámetro del agujero es parte de la designación básica y está separada de esta por medio de una barra inclinada, p. ej., 6202/15.875 (6202 rodamiento con un agujero especial d = 15,875 mm = 5/8 pulg.).

Designaciones de las series

Cada rodamiento estándar pertenece a una serie determinada, que se encuentra identificada mediante la designación básica sin la identificación del tamaño. Las designaciones de las series suelen incluir un sufijo A, B, C, D o E, o una combinación de estas letras. p. ej., CA. Estas se utilizan para identificar las diferencias en el diseño interno, p. ej., el ángulo de contacto.

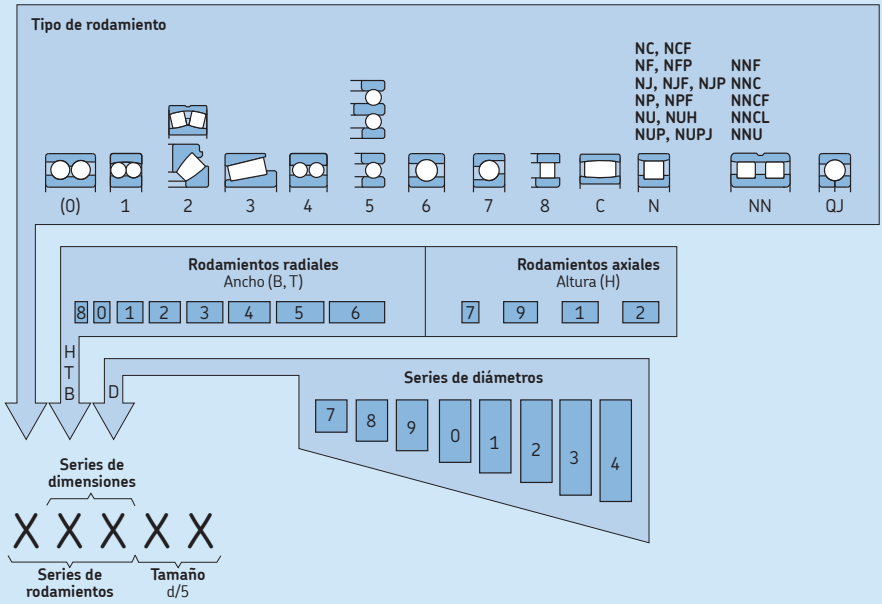
Las designaciones más comunes de las series de rodamientos se muestran en el **diagrama 1**, encima de los esquemas de los rodamientos. Las cifras que están entre paréntesis se omiten en la designación de las series.

Diagrama 1

Sistema de designación para los rodamientos de bolas y de rodillos métricos estándares SKF

Series de rodamientos

						6(0)4								
					544	623				(0)4				
		223			524	6(0)3				33				
		213			543	622				23				
		232			523	6(0)2			23	(0)3				
		222			542	630			32	22				
		241			522	6(1)0			22	12				
		231				16(0)0			41	(0)2				
		240	323		534	639			31	31		41		
		230	313		514	619			60	30		31		
		249	303		533	609			50	20		60		
	139	239	332		513	638	7(0)4	814	40	10		50		
	130	248	322		532	628	7(0)3	894	30	39		40		23
	(1)23	238	302		512	618	7(0)2	874	69	29		30		(0)3
	1(0)3		331		511	608	7(1)0	813	59	19		69		12
	(1)22	294	330		510	637	719	893	49	38		49		(0)2
(0)33	1(0)2	293	320	4(2)3	591	627	718	812	39	28		39		10
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)2	590	617	708	811	29	18		48		19



Código	Tipo de rodamiento
0	Rodamiento de dos hileras de bolas de contacto angular
1	Rodamiento de bolas a rótula
2	Rodamiento de rodillos a rótula, rodamiento axial de rodillos a rótula
3	Rodamiento de rodillos cónicos
4	Rodamiento rígido de dos hileras de bolas
5	Rodamiento axial de bolas
6	Rodamiento rígido de una hilera de bolas
7	Rodamiento de una hilera de bolas de contacto angular
8	Rodamiento axial de rodillos cilíndricos
C	Rodamiento de rodillos toroidales CARB
N	Rodamiento de rodillos cilíndricos. Se utilizan dos o más letras para identificar el número de las hileras o la configuración de las pestañas, p. ej., NJ, NU, NUP, NN, NNU, NNCF, etc.
QJ	Rodamiento de bolas con cuatro puntos de contacto
T	Rodamiento de rodillos cónicos según la norma ISO 355-2007

Sufijos de designación

Los sufijos de designación se utilizan para identificar diseños, versiones o características que difieren del rodamiento estándar original o actual. Algunos de los sufijos de designación más utilizados se enumeran a continuación.

CN Juego interno normal, solo se utiliza normalmente junto con una letra adicional que identifica un rango de juegos reducido o desplazado

CS Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2CS Sello rozante CS, a ambos lados del rodamiento

CS2 Sello rozante de caucho fluorado (FKM) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2CS2 Sello rozante CS2, a ambos lados del rodamiento

CS5 Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno hidrogenado (HNBR) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2CS5 Sello rozante CS5, a ambos lados del rodamiento

C1 Juego interno del rodamiento inferior a C2

C2 Juego interno del rodamiento inferior al normal (CN)

C3 Juego interno del rodamiento superior al normal (CN)

C4 Juego interno del rodamiento superior a C3

C5 Juego interno del rodamiento superior a C4

F Jaula mecanizada de acero o de fundición especial, centrada respecto de los elementos rodantes

FA Jaula mecanizada de acero o de fundición especial, centrada respecto del aro exterior

FB Jaula mecanizada de acero o de fundición especial, centrada respecto del aro interior

G.. Llenado de grasa. La segunda letra indica el rango de temperaturas de la grasa y la tercera letra identifica la grasa real. Una cifra a continuación del código de tres letras de la grasa indica que el grado de llenado se desvía del estándar: las cifras 1, 2 y 3 indican un grado menor de llenado que el estándar; 4 a 9 indican que el llenado es mayor.

H Jaula estampada de acero templado, de montaje a presión

HT Llenado de grasa para altas temperaturas. HT o un número de dos dígitos después de HT identifica la grasa real. Los grados de llenado distintos del estándar se identifican con una letra o una combinación de letras y cifras a continuación de HTxx.

J Jaula estampada de acero, centrada respecto de los elementos rodantes, sin templar

K Agujero cónico, conicidad de 1:12

K30 Agujero cónico, conicidad de 1:30

LHT Llenado de grasa para bajas y altas temperaturas. LHT o un número de dos dígitos después de LHT identifica la grasa real. Los grados de llenado distintos del estándar se identifican con una letra o una combinación de letras y cifras a continuación de LHTxx.

LS Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) o de poliuretano (AU) con o sin refuerzo de chapa de acero, en un lado del rodamiento

2LS Sello rozante LS, a ambos lados del rodamiento

LT Llenado de grasa para bajas temperaturas. LT o un número de dos dígitos después de LT identifica la grasa real. Los grados de llenado distintos del estándar se identifican con una letra o una combinación de letras y cifras a continuación de LTxx.

M Jaula mecanizada de latón, centrada respecto de los elementos rodantes

MA Jaula mecanizada de latón, centrada respecto del aro exterior

MB Jaula mecanizada de latón, centrada respecto del aro interior

ML Jaula mecanizada de latón, de tipo ventana y de una pieza, centrada respecto del aro interior o del aro exterior

MT Llenado de grasa para temperaturas medias. MT o un número de dos dígitos después de MT identifica la grasa real. Los grados de llenado distintos del estándar se identifican con una letra o una combinación de letras y cifras a continuación de MTxx.

N Ranura para anillo elástico en el aro exterior

NR Ranura para anillo elástico en el aro exterior con el anillo elástico correspondiente

P Jaula de poliamida 66 (PA66) moldeada por inyección, reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto de los elementos rodantes

PHA Jaula de polieteretercetona (PEEK) moldeada por inyección, reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto del aro exterior

RS Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) con o sin refuerzo de chapa de acero, en un lado del rodamiento

2RS Sello rozante RS, a ambos lados del rodamiento

RSH Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2RSH Sello rozante RSH, a ambos lados del rodamiento

RSL Sello rozante de baja fricción de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2RSL Sello rozante de baja fricción RSL, a ambos lados del rodamiento

RS1 Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2RS1 Sello rozante RS1, a ambos lados del rodamiento

RS1Z Sello rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) reforzado con una chapa de acero en un lado y una placa de protección en el otro lado del rodamiento

RS2 Sello rozante de caucho fluorado (FKM) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2RS2 Sello rozante RS2, a ambos lados del rodamiento

RZ Sello no rozante de caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR) reforzado con chapa de acero, en un lado del rodamiento

2RZ Sello no rozante RZ, a ambos lados del rodamiento

TN Jaula de poliamida 66 (PA66) moldeada por inyección, centrada respecto de los elementos rodantes

TNH Jaula de polieteretercetona (PEEK) moldeada por inyección, reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto de los elementos rodantes

TN9 Jaula de poliamida 66 (PA66) moldeada por inyección, reforzada con fibra de vidrio, centrada respecto de los elementos rodantes

V Rodamiento completamente lleno de elementos rodantes (sin jaula)

WT Llenado de grasa para bajas y para altas temperaturas. WT o un número de dos dígitos después de WT identifica la grasa real. Los grados de llenado distintos del estándar se identifican con una letra o una combinación de letras y cifras a continuación de WTxx.

W64 Llenado con Solid Oil

Y Jaula estampada de latón, centrada respecto de los elementos rodantes

Z Placa de protección de chapa de acero prensado, en un lado del rodamiento

2Z Placa de protección Z, a ambos lados del rodamiento

Identificación de productos SKF

Identificación de rodamientos

NOTA: Para asegurarse de que está comprando un rodamiento SKF auténtico, comprar únicamente a SKF o a distribuidores autorizados de SKF.

Casi todos los rodamientos SKF están marcados con los siguientes identificadores en las caras laterales del aro interior o exterior (→ **fig. 5**):

1 Marca comercial SKF
2 Designación completa del rodamiento
3 Fecha de fabricación, codificada
4 País de fabricación

El tipo de rodamiento y sus características pueden identificarse a partir de su designación. Otros identificadores, según el tipo de rodamiento, también pueden estar presentes en el rodamiento.

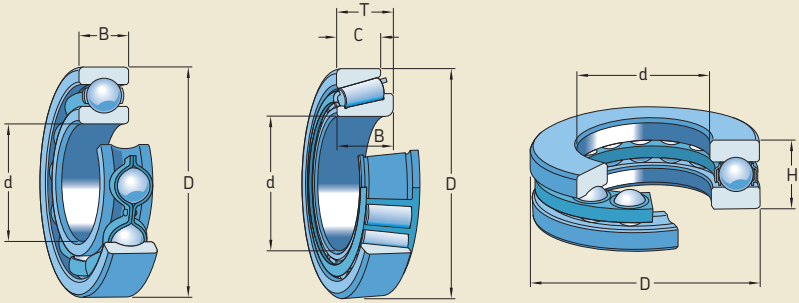
NOTA: A veces, se encuentra solo parte de la información en un aro. Por ejemplo, el aro exterior de un rodamiento de rodillos cilíndricos con corona de rodillos puede tener la identificación 3NU20 o 320 E. Esto identifica un aro exterior de la serie de diámetro 3 para un agujero de 100 mm (20 × 5). Este aro exterior puede combinarse con un aro interior NU, NJ o NUP para formar un rodamiento completo. En este caso, la designación completa del rodamiento debe encontrarse en el aro interior, p. ej., NJ 320 ECP/C3. La designación completa siempre está impresa en el embalaje y, en la mayoría de los casos, se puede obtener a partir de los planos de la máquina y de las especificaciones del equipo. Si la designación marcada en el rodamiento ya no se puede leer, la designación básica del rodamiento se puede identificar midiendo las dimensiones principales (→ **fig. 6**) y utilizando la información, disponible en línea en www.skf.com/bearings.

1 Identificar el tipo de rodamiento (→ *Tipos y diseños de rodamientos*, **página 12**).
2 Medir el agujero d del rodamiento.
3 Medir el diámetro exterior D del rodamiento.
4 Medir los anchos B, C, T o la altura H del rodamiento.

Fig. 5



Fig. 6



Rodamiento radial de bolas | Rodamiento radial de rodillos | Rodamiento axial de bolas

5 Utilizando la funcionalidad de búsqueda detallada, disponible en línea en www.skf.com/bearings, introducir las dimensiones principales, para identificar la posible designación básica del rodamiento.

NOTA: Para determinar la designación completa del rodamiento, identificar el tipo y el material de la jaula, el diseño del sello y cualquier otra característica visible. Para obtener asistencia adicional, comuníquese con su distribuidor autorizado de SKF o con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Identificación de soportes de dos piezas y unidades de rodamientos

Todos los soportes de pie de dos piezas SNL, SONL y SAF tienen sus designaciones moldeadas en la tapa del soporte (→ **fig. 7**). La tapa y la base de cada soporte están marcadas con un número de serie único para evitar que se mezclen los componentes en caso de montar varios soportes en una sesión.

En el caso de las unidades de rodamiento, identificar por separado el rodamiento y el soporte (y otros componentes, si corresponde).

Sellos de repuesto

Los sellos de repuesto deben corresponderse en diseño y material con el original. Los sellos de un material diferente al original solo deben utilizarse si es absolutamente necesario.

PRECAUCIÓN: Cuando se sustituya un sello, comprobar cuidadosamente el número de pieza del sello antiguo. Un simple error, como utilizar un sello de caucho de nitrilo estándar para sustituir un sello de caucho fluorado idéntico y más resistente, puede dar lugar a una repentina y "misteriosa" falla del sello.

Fig. 7



Vida útil del rodamiento

Vida nominal básica

La vida útil de un rodamiento se define como la cantidad de revoluciones o la cantidad de horas de funcionamiento a una velocidad determinada que el rodamiento puede soportar antes de que se produzca el primer signo de fatiga en uno de sus aros o elementos rodantes. Esta vida útil puede calcularse en función del tipo de rodamiento, la carga y la velocidad, mediante la ecuación de la vida nominal básica

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

o, si la velocidad es constante

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60\ n} L_{10}$$

donde

L_{10} = vida nominal básica (con una confiabilidad del 90%) [millones de revoluciones]
L_{10h} = vida nominal SKF (con una confiabilidad del 90%) [horas de funcionamiento]
C = capacidad de carga dinámica básica [kN]
P = carga dinámica equivalente del rodamiento [kN]
n = velocidad de giro [r. p. m.]
p = exponente de la ecuación de la vida útil
= 3 para los rodamientos de bolas
= $^{10}/_{3}$ para los rodamientos de rodillos

Vida nominal SKF

Para los rodamientos de alta calidad modernos, la vida nominal básica puede desviarse significativamente de la vida útil real en una aplicación determinada. Por lo tanto, la norma ISO 281: 2007 contiene una ecuación de vida modificada para complementar la vida nominal básica.

La ecuación de la vida nominal SKF es

$$L_{nm} = a_1\, a_{SKF}\, L_{10} = a_1\, a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

o, si la velocidad es constante

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60\, n} L_{nm}$$

donde

L_{nm} = vida nominal SKF (con una confiabilidad del 100 – n[1])%) [millones de revoluciones]
L_{nmh} = vida nominal SKF (con una confiabilidad del 100 – n[1])%) [horas de funcionamiento]
L_{10} = vida nominal básica (con una confiabilidad del 90%) [millones de revoluciones]
a_1 = factor de ajuste de la vida útil para una mayor confiabilidad
a_{SKF} = factor de modificación de la vida útil SKF
C = capacidad de carga dinámica básica [kN]
P = carga dinámica equivalente del rodamiento [kN]
n = velocidad de giro [r. p. m.]
p = exponente de la ecuación de la vida
= 3 para los rodamientos de bolas
= 10/3 para los rodamientos de rodillos

Para obtener información adicional sobre cómo calcular la vida nominal SKF, visite www.skf.com/bearings.

Vida útil

Vida útil de los rodamientos

Cuando se calcula la vida básica de un rodamiento, el resultado puede desviarse significativamente de la vida útil en una aplicación determinada. La vida útil, que es la vida real de un rodamiento en condiciones de funcionamiento reales hasta que falla (queda inservible), depende de una serie de factores condicionantes, como la lubricación, el nivel de contaminación en el entorno del rodamiento, la desalineación, la instalación adecuada y las condiciones de funcionamiento, como las cargas, la velocidad, la temperatura y los niveles de vibración.

Para tener en cuenta estos factores condicionantes, SKF recomienda encarecidamente calcular la vida nominal SKF, y no solo la vida nominal básica.

Vida útil de los sellos

Los sellos se utilizan para mantener el lubricante dentro y los contaminantes fuera del rodamiento. Al hacerlo, los sellos también protegen al lubricante de los contaminantes, lo que en última instancia ayuda al rodamiento a alcanzar la máxima vida útil.

A diferencia de los rodamientos, la vida útil de los sellos no se puede calcular. La vida útil de los sellos es aún más difícil de predecir porque depende casi por completo de las condiciones de funcionamiento, así como del nivel de contaminación en el entorno, la alineación del eje, los procedimientos de instalación y la exposición a productos químicos agresivos como los agentes de limpieza.

Vida útil de los lubricantes

En prácticamente todas las aplicaciones, el lubricante tiene un efecto significativo en la vida útil de los rodamientos. Por lo tanto, todos los lubricantes deben adaptarse a las condiciones de funcionamiento de la aplicación. Ya sea que un rodamiento en una disposición esté lubricado con grasa o aceite, la eficacia del lubricante se deteriorará con el tiempo debido al trabajo mecánico, el envejecimiento y la acumulación de contaminantes resultantes del desgaste de los componentes y/o la entrada de contaminantes. Como resultado, la vida útil real de un lubricante es difícil de predecir. Sin embargo, SKF facilita directrices sobre los intervalos de relubricación y los procedimientos de mantenimiento más adelante en esta publicación.

Limpieza

La contaminación puede afectar negativamente a la vida útil de los rodamientos y los sellos. También puede influir negativamente en la vida útil del lubricante. Por lo tanto, es importante que los rodamientos se lubriquen con grasa o aceite limpios y que el lubricante esté totalmente protegido de los contaminantes mediante un sistema de sellado eficaz.

[1]) El factor n representa la probabilidad de falla, es decir, la diferencia entre el requisito de confiabilidad requerida y el 100%.

La limpieza debe observarse durante todas las actividades de mantenimiento, desde el montaje y la relubricación hasta la inspección y el desmontaje. En los capítulos correspondientes, se ofrecen recomendaciones detalladas sobre la limpieza, pero aquí se incluyen algunas directrices generales:

- Mantener los rodamientos en su embalaje original, donde estén bien protegidos, hasta inmediatamente antes del montaje.
- Montar los rodamientos en una zona libre de suciedad, polvo y humedad.
- Utilizar herramientas profesionales para todas las actividades de mantenimiento.
- Limpiar inmediatamente los derrames de grasa y aceite.
- Limpiar las boquillas engrasadoras antes de relubricar y cerrarlas adecuadamente con un tapón para boquillas engrasadoras adecuado.
- Utilizar envases debidamente identificados y limpios para transportar y suministrar el lubricante. El uso de un envase distinto para cada tipo de lubricante es una buena práctica y muy recomendable.
- Para los lavados rutinarios, dirigir la manguera lejos de los sellos.

NOTA: Es preferible evitar que los rodamientos se ensucien que limpiarlos. Muchos tipos de rodamientos no pueden desmontarse y, por lo tanto, son difíciles de limpiar.

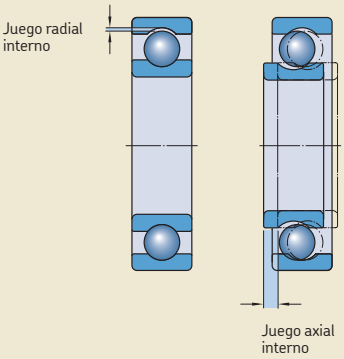
Juego interno del rodamiento

El juego interno del rodamiento se define como la distancia total a través de la cual un aro del rodamiento puede moverse con respecto al otro (→ **fig. 8**):

- en sentido radial (juego radial interno)
- en sentido axial (juego axial interno)

Es necesario distinguir entre el juego interno de un rodamiento antes del montaje (→ **Apéndice E**, a partir de la **página 388**) y el juego interno en un rodamiento montado que ha alcanzado su temperatura de funcionamiento (juego de funcionamiento). El juego interno inicial (antes del montaje) es mayor que el juego de funcionamiento. Esto se debe a que los diferentes grados de interferencia en los ajustes y las diferencias en la dilatación térmica de los aros del rodamiento y los componentes asociados hacen que los aros se dilaten o compriman.

Fig. 8



El juego radial interno de un rodamiento es de gran importancia para conseguir un funcionamiento satisfactorio. Como regla general:

- Los rodamientos de bolas deben tener siempre un juego de funcionamiento prácticamente nulo, o puede haber una ligera precarga.
- Los rodamientos de rodillos cilíndricos, a rótula y toroidales CARB deben tener siempre un cierto juego residual durante su funcionamiento.
- Los rodamientos de rodillos cónicos deben tener siempre un cierto juego residual, excepto en las disposiciones de rodamientos en las que se requiere rigidez, como las disposiciones de rodamientos de piñón en las que los rodamientos se montan con una cierta precarga.

NOTA: Cuando las condiciones de funcionamiento y montaje difieren de las normales, por ejemplo, cuando se utilizan ajustes de interferencia para ambos aros del rodamiento o se producen temperaturas inusuales, pueden ser necesarios rodamientos con un juego interno mayor o menor que el normal. En estos casos, SKF recomienda comprobar el juego residual del rodamiento después de su montaje.

Disposiciones de rodamientos

Por lo general, se necesitan dos rodamientos para soportar un componente de la máquina giratoria, y la disposición típica comprende un rodamiento fijo y otro libre. En algunas aplicaciones, ambos rodamientos comparten la responsabilidad de fijar el eje axialmente. Estas disposiciones se denominan de rodamientos ajustadas o de fijación cruzada.

Tipos de disposiciones de rodamientos

Disposiciones de rodamientos fijos y libres

Las disposiciones con un rodamiento fijo y uno libre son las más habituales (→ **fig. 9**).

El rodamiento en la posición fija, que normalmente se coloca en el extremo de accionamiento de una máquina, soporta el eje radialmente y lo fija axialmente en ambos sentidos. Por ello, debe estar fijado tanto en el eje como en el soporte. Los tipos de rodamientos adecuados para la posición fija son:

- rodamientos rígidos de bolas (→ **fig. 9**),
- rodamientos de bolas a rótula
- rodamientos de rodillos a rótula (→ **fig. 10**, izquierda)
- rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular o de una hilera de bolas apareados
- rodamientos de rodillos cónicos apareados
- rodamientos de rodillos cilíndricos (NJ y HJ, y rodamientos de diseño NUP)

También se pueden utilizar combinaciones de un rodamiento radial que pueda soportar una carga puramente radial y un rodamiento que soporte la carga axial, por ejemplo, un rodamiento de rodillos cilíndricos de diseño NU y un rodamiento de bolas con cuatro puntos de contacto (→ **fig. 11**).

El rodamiento en la posición libre proporciona apoyo radial y, si es necesario, soporta el desplazamiento axial del eje, en relación con el soporte, como resultado de la dilatación térmica. Algunos rodamientos pueden soportar el desplazamiento axial dentro del rodamiento. Entre los tipos de rodamientos típicos con esta capacidad, se encuentran:

Fig. 9

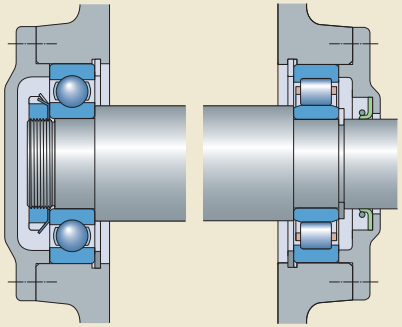


Fig. 10

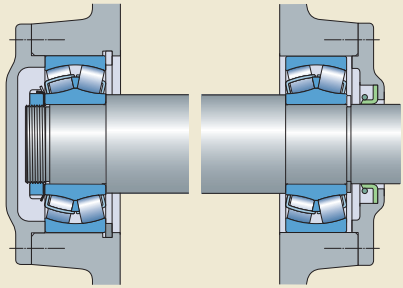
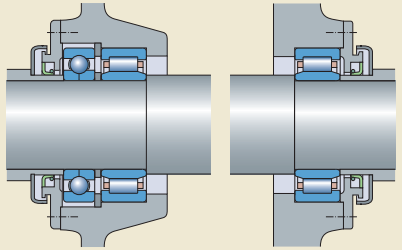


Fig. 11



- rodamientos de rodillos toroidales CARB
- rodamientos de rodillos cilíndricos con pestañas en un solo aro, es decir, rodamientos de diseño N y NU

Para otros rodamientos en la posición libre, el desplazamiento axial tiene lugar entre uno de los aros del rodamiento y su asiento, normalmente entre el aro exterior y el agujero del soporte. Los tipos de rodamientos adecuados para la posición libre son:

- rodamientos rígidos de bolas
- rodamientos de bolas a rótula
- rodamientos de rodillos a rótula (→ **fig. 10**, derecha)

Disposiciones de rodamientos ajustadas

En una disposición de rodamientos ajustada, el eje está fijado axialmente en un sentido por un rodamiento, y en el sentido opuesto por el otro rodamiento. Esta disposición, también conocida como de fijación cruzada, se utiliza generalmente para ejes cortos. Todos los tipos de rodamientos radiales de bolas y de rodillos que soportan cargas axiales en, al menos, un sentido, son adecuados para las disposiciones de rodamientos de fijación cruzada, incluidos:

- rodamientos rígidos de bolas
- rodamientos de bolas de contacto angular (→ **fig. 12**)
- rodamientos de rodillos cónicos

Fig. 12

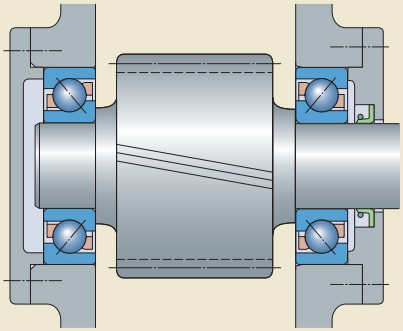
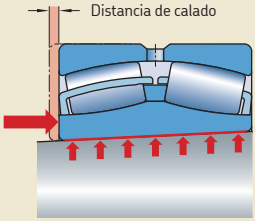


Fig. 13



Métodos de fijación de rodamientos

Fijación radial de los rodamientos

Para poder aprovechar al máximo la capacidad de carga de un rodamiento, sus aros o arandelas deben quedar totalmente apoyados en toda su circunferencia y a lo largo del ancho total del camino de rodadura.

En términos generales, solo se puede obtener una fijación radial satisfactoria y un apoyo adecuado cuando los aros están montados con un grado de interferencia adecuado. Si los aros de los rodamientos están fijados de forma inadecuada o incorrecta, se suelen dañar los rodamientos y los componentes asociados. En los casos en los que no se puede utilizar un ajuste de interferencia y se debe aplicar un ajuste flojo, hay que tomar precauciones especiales para limitar el deslizamiento del rodamiento, ya que de lo contrario puede producirse un desgaste del asiento del rodamiento en el eje o en el soporte.

NOTA: El deslizamiento es el movimiento relativo entre el aro del rodamiento y su asiento, y suele producirse cuando el ajuste de interferencia es insuficiente para las condiciones de carga o cuando no se puede aplicar un ajuste de interferencia.

Selección del ajuste

Rodamientos con agujero cilíndrico

Al seleccionar los ajustes para los rodamientos con agujero cilíndrico, lo primero que hay que tener en cuenta son las condiciones de giro (→ **tabla 1**). En esencia, existen tres condiciones distintas:

- Por carga giratoria, se entiende un aro de rodamiento que gira mientras el sentido de la carga aplicada es fijo. (Una carga giratoria también puede referirse a un aro de rodamiento que es fijo y el sentido de la carga aplicada gira).
- Por carga fija, se entiende un aro de rodamiento que está fijo mientras el sentido de la carga aplicada también es fijo. (Una carga fija también puede referirse a un aro de rodamiento que gira a la misma velocidad que la carga).
- El sentido indeterminado de la carga hace referencia a las cargas externas variables, las cargas de choque, las vibraciones y las cargas desequilibradas en máquinas de alta velocidad.

Otros factores que deben tenerse en cuenta a la hora de seleccionar los ajustes se enumeran en la **tabla 2**, de las **páginas 33** y **34**.

Rodamientos con agujero cónico

Los rodamientos con agujero cónico se montan directamente en un asiento de eje cónico, o con un manguito de fijación o de desmontaje en un asiento de eje cilíndrico. El ajuste del aro interior viene determinado por la distancia a la que el aro se cala en el manguito o asiento del eje (→ **fig. 13**, **página 31**).

Tabla 1

Condiciones de giro y carga

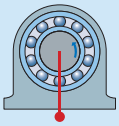
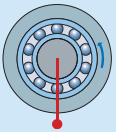
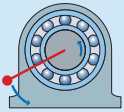
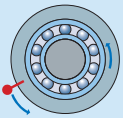
Condiciones de funcionamiento	Ilustración esquemática	Condición de carga	Ejemplo	Ajustes recomendados
Aro interior giratorio Aro exterior fijo Sentido de carga constante		Carga giratoria sobre el aro interior Carga fija sobre el aro exterior	Ejes accionados por correas	Ajuste de interferencia para el aro interior Ajuste flojo 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	Rodillos de transportadores Rodamientos para cubos de rueda de automóviles	Ajuste flojo para el aro interior Ajuste de interferencia para el aro exterior
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	Aplicaciones vibratorias Cribas vibratorias o motores	Ajuste de interferencia para el aro exterior Ajuste flojo para el aro interior
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	Trituradora giratoria (Accionamientos de carrusel)	Ajuste de interferencia para el aro interior Ajuste flojo para el aro exterior

Tabla 2

Factores que hay que tener en cuenta al seleccionar ajustes

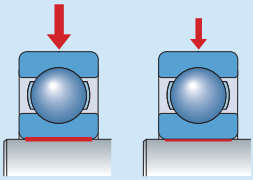
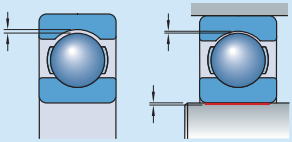
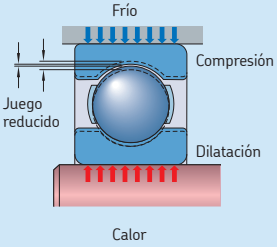
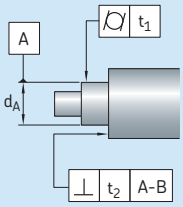
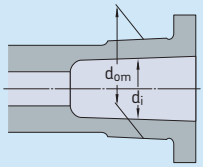
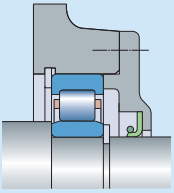
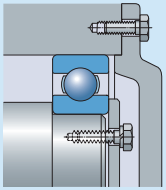
Factores		Situación	Reglas orientativas
Magnitud de la carga		Los rodamientos sometidos a cargas pesadas tienden a deslizarse más que los sometidos a cargas ligeras.	Para evitar el deslizamiento, seleccionar ajustes de interferencia mayores para los rodamientos sometidos a cargas más pesadas. También hay que tener en cuenta las cargas de choque. La magnitud de la carga se define como: • $P \leq 0{,}05\ C$: carga ligera • $0{,}05\ C < P \leq 0{,}1\ C$: carga normal • $0{,}1\ C < P \leq 0{,}15\ C$: carga pesada • $P > 0{,}15\ C$: carga muy pesada
Juego interno del rodamiento		Cuanto más apretado sea el ajuste de interferencia, mayor será la reducción del juego interno inicial del rodamiento después del montaje.	Cuando se aplican ajustes apretados, es posible que se necesiten rodamientos con un juego radial interno superior al normal.
Diferencias de temperatura		El aro exterior suele tener una temperatura inferior a la del aro interior durante el funcionamiento, lo que provoca una reducción del juego interno.	En función de las temperaturas de funcionamiento (previstas) de los componentes, pueden ser necesarios rodamientos con un juego radial interno superior al normal.
Requisitos en cuanto a la precisión de giro		Los rodamientos con ajustes flojos pueden sufrir vibraciones cuando se exige una gran precisión de giro.	Cuando haya grandes exigencias de precisión de giro, seleccionar ajustes que correspondan como mínimo al grado de tolerancia IT5 para el eje y como mínimo al grado de tolerancia IT6 para el soporte. Para reducir la variación y las vibraciones, seleccionar ajustes de interferencia.

Tabla 2 cont.

Factores que hay que tener en cuenta al seleccionar ajustes

Factores		Situación	Reglas orientativas
Diseño y materiales del eje y el soporte		Los ajustes pueden ser menos eficaces para los ejes huecos o los soportes de paredes delgadas. Un mal contacto en el asiento del rodamiento, p. ej., en soportes de dos piezas, puede distorsionar el aro del rodamiento y provocar que pierda su redondez. El material del asiento del rodamiento, si no es de acero para rodamientos, condicionará la selección del ajuste, debido a los diferentes coeficientes de dilatación térmica.	Seleccionar ajustes de interferencia más pesados de lo normal para rodamientos montados en soportes de paredes delgadas o de aleación ligera, o en ejes huecos. Los soportes de dos piezas no son compatibles con los ajustes de interferencia pesados. Para estos soportes, SKF recomienda el grupo de tolerancia G o H (o como máximo, K).
Facilidad de montaje y desmontaje		El montaje y desmontaje es más fácil para los rodamientos con ajuste de juego que para los rodamientos con ajuste de interferencia.	Si se necesita un ajuste de interferencia y es esencial un montaje y desmontaje fácil, seleccionar rodamientos desarmables o rodamientos con agujero cónico. Los rodamientos con agujero cónico se pueden montar directamente en un asiento de eje cónico, o con un manguito de fijación o de desmontaje en un asiento de eje cilíndrico.
Desplazamiento del rodamiento del lado libre		Algunos rodamientos pueden soportar el desplazamiento axial dentro del rodamiento, como los rodamientos de rodillos cilíndricos con un aro sin pestañas, los rodamientos de agujas o los rodamientos de rodillos toroidales CARB.	Los rodamientos que no pueden soportar el desplazamiento axial dentro del rodamiento deben tener un aro libre, es decir, seleccionar un ajuste de juego para el aro que soporta la carga fija.

Ajustes y tolerancias recomendados

Las tolerancias del diámetro exterior y del diámetro del agujero de los rodamientos están normalizadas internacionalmente. Para conseguir un ajuste adecuado, solo se debe tener en cuenta un número limitado de clases de tolerancia según la norma ISO en relación con los asientos del eje y del soporte para las aplicaciones de rodamientos. La ubicación de las clases de tolerancia más utilizadas en relación con el agujero del rodamiento y las tolerancias del diámetro exterior se ilustran en la (**fig. 14**).

NOTA: Una letra y una cifra designan cada clase de tolerancia ISO. La letra (minúscula para los diámetros del eje y mayúscula para los agujeros del soporte) indica la zona de tolerancia en relación con la dimensión nominal. La cifra indica el tamaño de la zona de tolerancia.

Las recomendaciones de ajuste de los rodamientos para los ejes macizos de acero y para los soportes de fundición y de acero se indican en el **Apéndice A**, desde la **página 334**. Los valores adecuados para las tolerancias de los asientos de los rodamientos en los ejes y en los soportes se indican en el **Apéndice B**, desde la **página 338**.

Si los rodamientos se montan con ajuste de interferencia en un eje hueco, por lo general es necesario utilizar un ajuste de interferencia más pesado que el que se utilizaría para un eje macizo, a fin de lograr la misma presión superficial entre el aro interior y el asiento del eje. Para obtener más información, visite www.skf.com/bearings.

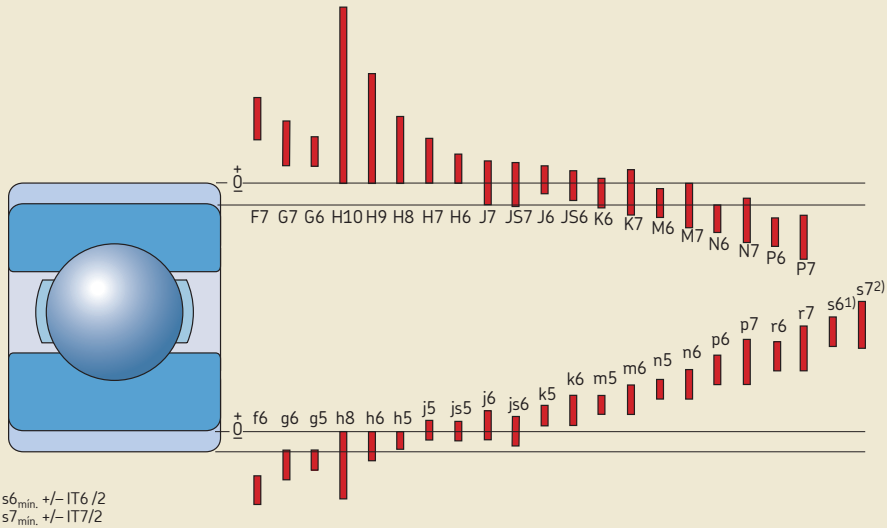
Requisitos de precisión dimensional, de forma y de giro

La precisión de los asientos de los rodamientos cilíndricos en los ejes y en los agujeros de los soportes debe coincidir con la precisión de los rodamientos utilizados. SKF recomienda las siguientes directrices para la precisión de forma y de giro al mecanizar asientos y resaltes.

Precisión dimensional

Para los rodamientos fabricados con tolerancias normales, la precisión dimensional de los asientos cilíndricos en el eje debe ser, como mínimo, del grado de tolerancia IT6. La precisión dimensional del soporte debe ser, como mínimo, del grado de tolerancia IT7. Si se utilizan manguitos de fijación o de desmontaje, se puede admitir una tolerancia de diámetro mayor (grado de tolerancia IT9) que para los asientos de los rodamientos (→ **Apéndice B-7**, **página 384**).

Fig. 14



1) $s6_{mín.}$ +/– IT6 /2
2) $s7_{mín.}$ +/– IT7/2

Los valores numéricos de los grados de tolerancia IT estándares se indican en el **Apéndice C**, de la **página 385**.

En el caso de los rodamientos con una precisión más alta, se deben utilizar grados superiores, según corresponda.

Tolerancias para la forma cilíndrica

La tolerancia de cilindricidad t1 de un asiento de rodamiento debe ser uno o dos grados de tolerancia IT mejor que la tolerancia dimensional prescrita, en función de los requisitos. Por ejemplo, si el asiento de un rodamiento en un eje se ha mecanizado con la clase de tolerancia m6, la precisión de forma debe ser del grado de tolerancia IT5 o IT4. El valor de tolerancia t1 para la cilindricidad correspondiente a un eje con un diámetro hipotético de 150 mm de t1 = IT5/2 = 18/2 = 9 µm. Sin embargo, la tolerancia t1 es para un radio, por lo que se aplica 2 × t1 para el diámetro del eje.

Los valores orientativos para la tolerancia de forma cilíndrica t1 (y la tolerancia de variación total t3) para los asientos de rodamientos se indican en el **Apéndice D-1**, de la **página 386**.

Cuando los rodamientos se deben montar en manguitos de fijación o de desmontaje, la cilindricidad del asiento del manguito debe ser del grado de tolerancia IT5/2 (para la clase de tolerancia h9) (→ **Apéndice B-7**, **página 384**).

Tolerancia para la perpendicularidad

Los resaltes de los aros de rodamiento deben tener una tolerancia de perpendicularidad mejor, como mínimo, en un grado de tolerancia IT que la tolerancia del diámetro del asiento cilíndrico asociado. En el caso de los asientos de las arandelas de los rodamientos axiales, la tolerancia de perpendicularidad no debe superar el grado IT5.

Los valores orientativos para la tolerancia de perpendicularidad t2 (y para la variación axial total t4) se indican en el **Apéndice D-1**, de la **página 386**.

Rugosidad superficial de los asientos de rodamientos

La rugosidad de las superficies del asiento del rodamiento no tiene el mismo grado de influencia sobre el rendimiento del rodamiento que las precisiones dimensional, de forma y de giro. Sin embargo, la suavidad de las superficies de contacto tendrá un efecto directo en la precisión del ajuste de interferencia. Para las disposiciones de rodamientos en las que se requiere un alto nivel de precisión, se ofrecen valores orientativos para la rugosidad superficial media Ra en el **Apéndice D-2**, en la **página 387**. Estos valores orientativos se aplican a los asientos rectificados.

NOTA: En el caso de los asientos bien torneados, la rugosidad debe ser uno o dos grados superior a la de los asientos rectificados. En el caso de las disposiciones de rodamientos no críticas, se admite una rugosidad superficial relativamente alta.

Fijación axial de los rodamientos

Un ajuste de interferencia no es por sí solo suficiente para fijar axialmente el aro de un rodamiento. Por lo general, se necesita un medio adecuado para asegurar el aro axialmente.

En el caso de los rodamientos fijos, los dos aros del rodamiento deben estar fijados axialmente en ambos lados (→ **fig. 15**).

En el caso de los rodamientos libres, la fijación axial depende del diseño del rodamiento de la siguiente manera:

- En el caso de los rodamientos no desarmables, el aro que tiene el ajuste más apretado (normalmente el aro interior) debe estar fijado axialmente; el aro exterior es libre de moverse axialmente en su asiento (→ **fig. 16**).
- En el caso de los rodamientos desarmables, por ejemplo, los rodamientos de rodillos cilíndricos, ambos aros deben estar fijados axialmente (→ **fig. 17**).
- En el caso de los rodamientos de rodillos toroidales CARB, ambos aros deben fijarse axialmente.

En el caso de las disposiciones de rodamientos ajustadas (fijación cruzada), cada aro del rodamiento debe fijarse axialmente solo en un lado (→ **fig. 18**).

Fig. 15

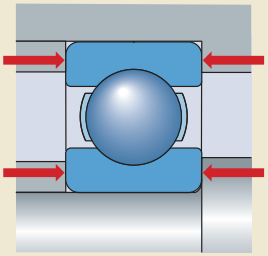


Fig. 16

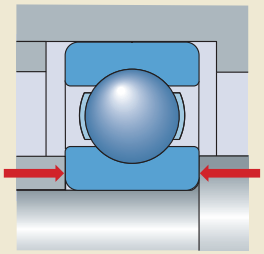


Fig. 18

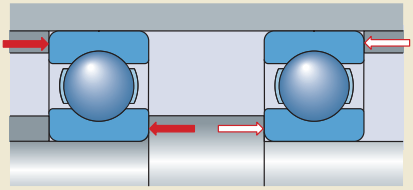
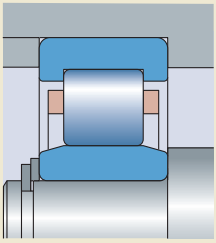


Fig. 17



Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo

Las dimensiones de los resaltes del eje y del soporte, de los manguitos distanciadores y de las tapas deben ser capaces de soportar de forma adecuada los aros del rodamiento, sin que se produzca ningún contacto entre las piezas giratorias del rodamiento y un componente fijo.

La transición entre el asiento del rodamiento y el resalte del eje o del soporte puede adoptar la forma de un simple radio de acuerdo, o estar suavizada en forma de un rebaje. Las dimensiones adecuadas para los radios de acuerdo se indican en el **Apéndice D-3**, en la **página 387**. Cuanto mayor sea este radio de acuerdo (para la curva de forma suave), más favorable será la distribución de esfuerzos en la zona del radio de acuerdo del eje.

Por lo tanto, para los ejes muy cargados, generalmente se requiere un radio grande. En estos casos, se debe proporcionar un anillo distanciador entre el aro interior y el resalte del eje para proporcionar una superficie de apoyo suficientemente grande para el aro del rodamiento. El lado del casquillo que da al resalte del eje debe suavizarse para que no entre en contacto con el radio de acuerdo del eje (→ **fig. 19**).

Rodamientos de rodillos toroidales CARB

Los rodamientos de rodillos toroidales CARB pueden soportar la dilatación axial del eje dentro del rodamiento. Para asegurarse de que estos desplazamientos axiales del eje con respecto al soporte puedan tener lugar, es necesario proporcionar un espacio adecuado a ambos lados del rodamiento (→ **fig. 20**).

Para calcular el ancho del resalte necesario, visite www.skf.com/bearings.

Fig. 19

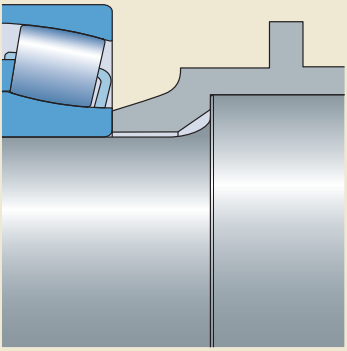
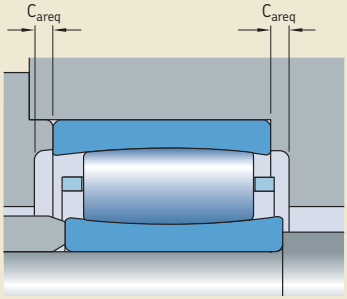


Fig. 20



Disposiciones de sellado

El rendimiento de una disposición de sellado es fundamental para garantizar la limpieza del lubricante y la vida útil de los rodamientos. En lo que respecta a los sellos para rodamientos, se hace una distinción entre los que se integran en el rodamiento y los que se colocan fuera de este.

Sellos externos

Existen dos grandes categorías de sellos externos:

- sellos rozantes
- sellos no rozantes

Los sellos que están en contacto con superficies fijas se conocen como sellos estáticos y su eficacia depende de la deformación radial o axial de su sección transversal cuando se instalan. Algunos ejemplos típicos son las juntas y las juntas tóricas. Los sellos que están en contacto con superficies deslizantes se denominan sellos dinámicos y se utilizan para sellar los pasajes entre un componente fijo, por ejemplo, un soporte, y un componente giratorio, normalmente el eje. Su función es mantener el lubricante dentro y los contaminantes fuera de la disposición de rodamientos (→ **fig. 21**).

El sello rozante más común es el sello radial del eje. Otros tipos son los sellos de anillo en V y los sellos de fieltro.

NOTA: Cuando la función principal de un sello radial del eje es retener el lubricante, debe instalarse con el labio del sello orientado hacia el lubricante, es decir, orientado hacia adentro. Cuando la función principal es excluir los contaminantes, el labio del sello debe estar orientado hacia los contaminantes, es decir, hacia afuera.

Los sellos radiales del eje no rozantes funcionan gracias al efecto de sellado de un intersticio estrecho y relativamente largo que puede estar dispuesto axialmente, radialmente o en combinación. Los sellos no rozantes, que incluyen desde sellos simples de tipo intersticio hasta sellos laberínticos de múltiples piezas (→ **fig. 22**), no producen fricción y, por ende, no se desgastan.

NOTA: Los sellos no rozantes son adecuados para aplicaciones de alta velocidad y/o alta temperatura.

Fig. 21

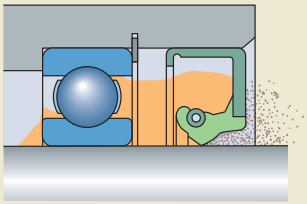


Fig. 22

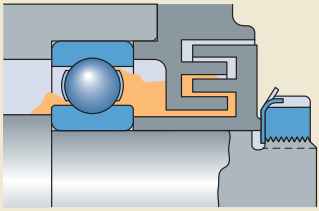
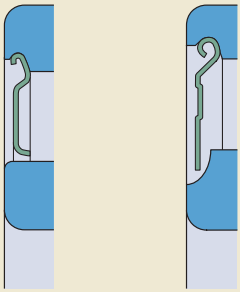


Fig. 23



Soluciones de sellado integrales para rodamientos

Existen dos categorías de soluciones de sellado integrales para rodamientos:

- placas de protección
- sellos

Placas de protección

Las placas de protección, fabricadas en chapa de acero, son no rozantes y se utilizan en aplicaciones en las que la contaminación es limitada. También se utilizan en aplicaciones en las que, debido a la velocidad o a las temperaturas de funcionamiento, es importante una baja fricción. Los rodamientos están lubricados de por vida y no deben relubricarse.

Las placas de protección forman (→ **fig. 23**, **página 39**):

- un intersticio estrecho con el resalte del aro interior (**a**)
- un sello laberíntico eficiente con un rebaje en el resalte del aro interior (**b**)

Sellos

Los sellos integrados en los rodamientos SKF suelen estar hechos de materiales elastoméricos y reforzados con chapa de acero.

Los rodamientos con sellos rozantes se usan preferentemente en disposiciones en las que se necesita resistencia a la contaminación, en las que no se puede descartar la presencia de humedad o salpicaduras de agua, o en las que se requiere una larga vida útil con un mantenimiento mínimo.

La forma en que un sello hace contacto con el aro del rodamiento depende del tipo de rodamiento y del diseño del sello. Los sellos pueden hacer contacto de cualquiera de las siguientes maneras (→ **fig. 24**):

- con el resalte del aro interior (**a**) o contra un rebaje en el resalte del aro interior (**b**, **c**, **d**)
- con la entrada en los lados del camino de rodadura del aro interior (**e**, **f**) o del aro exterior (**g**)

En el caso de los rodamientos rígidos de bolas, SKF también ha desarrollado sellos integrales no rozantes, que forman un intersticio extremadamente pequeño con el aro interior (→ **fig. 25a** y **b**) y sellos integrales de baja fric-

Fig. 24

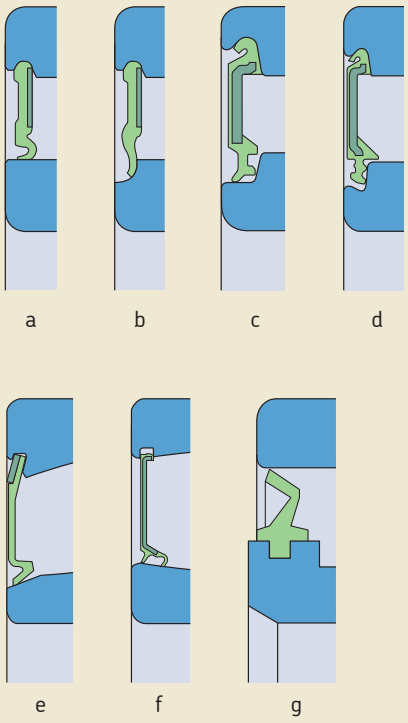
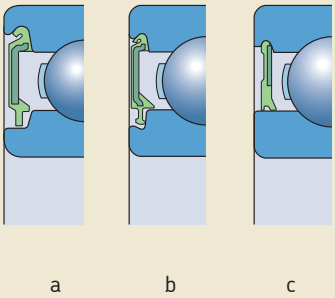


Fig. 25



ción, que prácticamente no entran en contacto con el aro interior (→ **fig. 25c**). Ambos cumplen con las altas exigencias de sellado y funcionamiento de baja fricción del rodamiento. Como resultado, los rodamientos equipados con estos sellos pueden funcionar a las mismas velocidades que los rodamientos equipados con placas de protección, pero con un mayor rendimiento de sellado. Están lubricados de por vida y no deben relubricarse.

Almacenamiento de rodamientos, sellos y lubricantes

Las condiciones de almacenamiento de los rodamientos, los sellos y los lubricantes pueden perjudicar su rendimiento. El control de inventario también puede desempeñar una función importante en el rendimiento, en especial si se trata de sellos y lubricantes. Por eso, SKF recomienda adoptar una política de inventario cuyo concepto sea "primero en entrar, primero en salir".

Almacenamiento de rodamientos, unidades de rodamientos y soportes

Condiciones de almacenamiento

Para maximizar la vida útil de los rodamientos, SKF recomienda las siguientes prácticas básicas de orden y limpieza:

- Almacene los rodamientos en posición horizontal en un área fresca, seca y sin vibraciones, donde la temperatura se mantenga estable. No debe haber corrientes de aire en la zona de almacenamiento.
- Controle y limite la humedad relativa de la zona de almacenamiento de la siguiente manera:
  - 75% a 20 °C *(68 °F)*
  - 60% a 22 °C *(72 °F)*
  - 50% a 25 °C *(77 °F)*
- Mantenga los rodamientos en sus embalajes originales sin abrir hasta inmediatamente antes del montaje, para evitar la contaminación por polvo y humedad, así como la corrosión de los componentes del rodamiento.

NOTA: Las máquinas que están en reserva se deben mover o poner en funcionamiento con la mayor frecuencia posible a fin de redistribuir la grasa en el interior de los rodamientos y cambiar la posición de los elementos rodantes en relación con los caminos de rodadura.

Las unidades de rodamientos y los soportes deben almacenarse en condiciones similares a las de los rodamientos, es decir, en una sala fresca, sin polvo y moderadamente ventilada, donde la humedad relativa esté controlada.

Vida útil de los rodamientos una vez abiertos

Los rodamientos SKF están recubiertos con un compuesto antioxidante y se embalan adecuadamente antes de su distribución. En el caso de los rodamientos abiertos, el agente protector les brinda protección contra la corrosión durante, aproximadamente, cinco años, siempre que las condiciones de almacenamiento sean adecuadas. Después de cinco años, SKF recomienda seguir estas pautas:

1. Extraer el rodamiento del embalaje, sin dañarlo si es posible.
2. Limpiar el rodamiento con un disolvente adecuado.
3. Secar cuidadosamente el rodamiento.
4. Inspeccionar visualmente el rodamiento en busca de signos de corrosión o daños. Si el rodamiento se encuentra en un estado satisfactorio, aplicar una nueva capa de un compuesto antioxidante adecuado y volver a embalar el rodamiento en su envase original.

NOTA: La inspección y el reembalaje de los rodamientos es un servicio que puede proporcionar SKF. Comuníquese con su representante de ventas local de SKF o con un distribuidor autorizado de SKF.

Vida útil de los rodamientos sellados

El lubricante dentro de los rodamientos determina el intervalo máximo de almacenamiento de los rodamientos sellados SKF. El lubricante se deteriora con el paso del tiempo como resultado del envejecimiento, la condensación y la separación del aceite y el espesante. Por eso, los rodamientos sellados no se deben almacenar durante más de tres años.

NOTA: En el caso de los rodamientos pequeños, no resulta práctico extraer los sellos, limpiar el rodamiento, volver a engrasarlo y volver a colocar los sellos. Pero, sobre todo, al hacer esto, los sellos podrían dañarse y podrían ingresar contaminantes en los rodamientos durante el proceso.

Algunos rodamientos más grandes tienen sellos retenidos en el aro exterior por un anillo elástico. Si es necesario, se pueden extraer los sellos y sustituirlos.

Almacenamiento de los sellos elastoméricos

Condiciones de almacenamiento

Para maximizar la vida útil de los sellos elastoméricos, SKF recomienda las siguientes prácticas básicas de orden y limpieza:

- Almacenar los sellos elastoméricos en posición horizontal, en un lugar fresco y moderadamente ventilado, a temperaturas de entre 15 y 25 °C (*60* y *75 °F*).
- Controlar y limitar la humedad relativa de la zona de almacenamiento a un máximo del 65%.
- Proteger los sellos de la luz solar directa o de la luz con una alta proporción de radiación UV.
- Mantener los sellos en sus embalajes originales hasta justo antes del montaje para evitar la degradación del material al ser expuesto al medioambiente. Si no se dispone de los embalajes originales, guardarlos en envases herméticos.
- Almacenar los sellos por separado de los disolventes, combustibles, lubricantes y otros productos químicos que produzcan humos y vapores.
- Almacenar por separado los sellos fabricados con materiales diferentes.

PRECAUCIÓN: Los sellos nunca deben colgarse de ganchos o clavos durante el almacenamiento. Si se almacenan así, bajo tensión o carga, los sellos pueden sufrir deformaciones y grietas permanentes.

Vida útil

El caucho natural y sintético cambia sus propiedades físicas con el tiempo y se ve afectado por el aire, el calor, la luz, la humedad, los disolventes y algunos metales, especialmente el cobre y el manganeso. En consecuencia, los sellos de caucho pueden quedar inutilizados por el endurecimiento o el ablandamiento, la descamación, las grietas u otros daños en la superficie.

Almacenamiento de lubricantes

Condiciones de almacenamiento

Los lubricantes se ven afectados por la temperatura, la luz, el agua, la humedad y el oxígeno. La exposición accidental a estos elementos no suele ser perjudicial. Sin embargo, cualquier exposición acelera el inicio del envejecimiento.

Para maximizar la vida útil del lubricante, SKF recomienda lo siguiente:

- Almacenar los lubricantes en una zona seca y sin vibraciones, donde la temperatura sea inferior a 40 °C (*105 °F*). Esto es especialmente importante para los envases que ya se han abierto, porque la humedad provoca la degradación del lubricante y acelera la oxidación.
- Almacenar los lubricantes en interiores, en estanterías adecuadas. El almacenamiento en interiores también protege el etiquetado del envase.
- Almacenar los bidones de aceite tumbados para evitar que los contaminantes se acumulen en su parte superior.
- Mantener las tapas de los envases cerradas para evitar la entrada de contaminantes.
- Etiquetar claramente todos los envases. Si las etiquetas están desgastadas o dañadas, pueden presentarse problemas de identificación. También se recomienda la codificación por colores.
- Mantener los lubricantes en sus envases originales.
- No almacenar el lubricante dispensado en latas abiertas.

Vida útil

La vida útil de un lubricante es el período que va desde la fecha de llenado hasta una fecha estimada de caducidad, siempre que el lubricante se almacene de forma adecuada. Las fechas de producción suelen estar codificadas en los envases y deben controlarse regularmente. En general, la fecha de producción de las latas de grasa para rodamientos y los lubricadores automáticos de SKF, por ejemplo, se indica con un código de cuatro dígitos como 0710, que indica que la grasa se produjo en 2007, en la semana 10.

La mayoría de los lubricantes se deterioran con el tiempo. Las directrices sobre la vida útil de diversos lubricantes se indican en la **tabla 3**.

Cuando el lubricante ha superado su vida útil, es posible que no sea tan eficaz. Por lo tanto, SKF recomienda encarecidamente utilizar solo aquellos lubricantes que estén dentro de su fecha estimada de caducidad.

NOTA: Considerar las implicaciones del costo de una avería de la máquina como resultado de un lubricante caducado, en comparación con el costo de la sustitución del lubricante.

Eliminación de lubricantes

La eliminación inadecuada de los lubricantes puede ser peligrosa para la comunidad y el medioambiente. Eliminar todos los lubricantes de acuerdo con las leyes y reglamentos nacionales y locales, y con las buenas prácticas de seguridad medioambiental.

Tabla 3

Vida útil del lubricante a 20 °C (*70 °F*)

Lubricante	Vida útil máxima
Aceites lubricantes	10 años[1)]
Grasas del mercado de reposición SKF (excepto la grasa compatible con alimentos LGFP 2)	5 años
Grasa compatible con alimentos SKF LGFP 2	2 años
Grasa en rodamientos rígidos de bolas SKF sellados, p. ej., MT47, MT33 o GJN	3 años
Lubricante en los lubricadores SKF SYSTEM 24 de la serie LAGD	2 años
Lubricante en los lubricadores SKF SYSTEM 24 de la serie LAGE (excepto cuando se llenan con LGFP 2 o aceite)	3 años
Lubricante en los lubricadores SKF SYSTEM 24 de la serie LAGE llenados con LGFP 2 o aceite	2 años

1) La vida útil puede reducirse debido a determinados paquetes de aditivos en el lubricante. Consulte con el fabricante del lubricante.



Montaje de rodamientos

Preparativos antes del montaje **46**
Planificación 46
Limpieza 46
Eliminación del conservante de los rodamientos nuevos 47
Control de los componentes asociados 47
Seguridad 49
Preparación de los componentes. 49

Manipulación de los rodamientos. **49**

Juego interno del rodamiento **51**
Juego antes y después del montaje. 51
Medición del juego con una galga de espesores 52

Montaje en frío. **53**
Métodos mecánicos. 53
Rodamientos con un agujero cilíndrico . . 53
Rodamientos con agujero cónico. 54
Método de calado de rodamientos SKF Drive-up. 57
Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: Paso a paso 58
Método de inyección de aceite 62
Método de inyección de aceite: Paso a paso 62
SensorMount. 67

Montaje en caliente **68**
Placas eléctricas de calentamiento 68
Calentadores de inducción. 69
Aros de calentamiento de aluminio 69
Gabinetes de calentamiento 70
Radiadores infrarrojos. 70
Paneles calefactores 71
Baños de aceite 71

Herramientas de montaje SKF **72**
Herramientas mecánicas. 72
Herramientas hidráulicas 73
Equipo de calentamiento. 73
Guantes 73

Instrucciones de montaje por tipo de rodamiento. **74**
Montaje de rodamientos de bolas de contacto angular. 74
Rodamientos independientes 74
Ajuste de disposiciones de rodamientos cara a cara. 74
Ajuste de disposiciones de rodamientos espalda con espalda 76
Rodamientos para emparejamiento universal y conjuntos de rodamientos emparejados 76
Rodamientos de bolas de contacto angular con un aro interior de dos piezas. 78
Montaje de rodamientos de bolas a rótula . 79
Rodamientos de diseño básico con bolas que sobresalen 79
Rodamientos sellados con agujero cónico 79
Rodamientos con un aro interior prolongado 80
Montaje de rodamientos de rodillos cilíndricos y de agujas 80
Rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos y de agujas con una jaula 80
Rodamientos de cuatro hileras de rodillos cilíndricos 82
Montaje de rodamientos de rodillos cónicos 84
Rodamientos de una hilera de rodillos cónicos. 84
Rodamientos de dos hileras y varias hileras de rodillos cónicos 89
Montaje de rodamientos de rodillos a rótula y de rodillos toroidales CARB 90
Rodamientos de rodillos a rótula sellados 90
Rodamientos de rodillos toroidales CARB 91

Preparación antes del montaje

Los rodamientos son elementos confiables que forman parte de las máquinas y pueden tener una vida útil prolongada, siempre que se monten y se mantengan de manera adecuada. El montaje adecuado requiere experiencia, así como cuidado, limpieza, precisión, el método de montaje correcto y el uso de herramientas adecuadas para el trabajo.

Planificación

Antes del montaje, estudiar los planos o las instrucciones para determinar:

- el orden correcto de montaje de los distintos componentes
- el tipo de rodamiento, el tamaño y la versión correctos
- el lubricante adecuado y la cantidad que se debe utilizar
- el método de montaje adecuado
- las herramientas de montaje adecuadas

Las herramientas y los métodos utilizados para montar los rodamientos a menudo dependen del tamaño del rodamiento. En general, los rodamientos se pueden clasificar en:

- rodamientos pequeños: con un diámetro del agujero $d \leq 80$ mm
- rodamientos medianos: con un diámetro del agujero $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- rodamientos grandes: con un diámetro del agujero $d \geq 200$ mm

Para obtener más información sobre las herramientas de montaje SKF, incluidas las herramientas mecánicas, las herramientas hidráulicas, el equipo de calentamiento y los guantes, visite www.mapro.skf.com.

Para obtener instrucciones detalladas de montaje para rodamientos específicos (por designación de rodamiento), visite www.skf.com/mount.

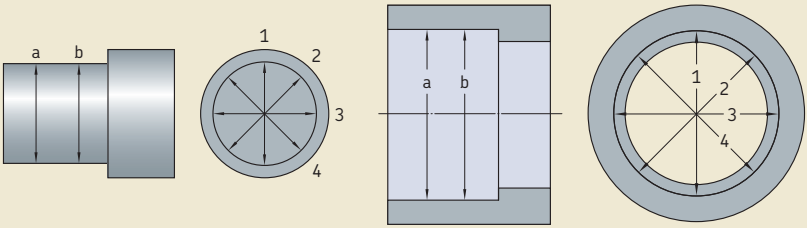
El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (Reliability Maintenance Institute, RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación en montaje (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

Limpieza

La limpieza es esencial para que los rodamientos tengan una larga vida útil. La limpieza comienza en el almacén. Almacenar los rodamientos en un lugar fresco y seco, en estanterías que no estén sometidas a las vibraciones de la maquinaria adyacente (→ *Almacenamiento de rodamientos, sellos y lubricantes*, desde la **página 41**). No abrir el paquete de rodamientos hasta que llegue el momento de instalarlos.

Siempre que sea posible, instalar los rodamientos en una zona seca y libre de polvo, lejos de máquinas metalúrgicas o de otras máquinas que produzcan virutas y polvo. Asegurarse de que los rodamientos y todas las piezas de con-

Fig. 1

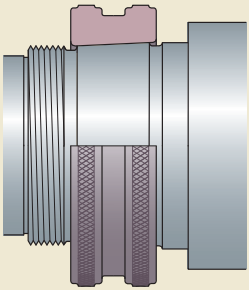


tacto, incluido el lubricante, estén limpios y no contengan contaminantes perjudiciales.

Si los rodamientos deben montarse en una zona desprotegida, como suele ocurrir con los rodamientos grandes, es necesario tomar medidas para proteger el rodamiento y la posición de montaje contra la contaminación debido a polvo, suciedad y humedad, hasta que se haya completado la instalación. Para ello, se pueden tapar o envolver los rodamientos, los componentes mecánicos, etc., con plástico o papel.

NOTA: Es preferible evitar que los rodamientos se ensucien que limpiarlos. Muchos tipos de rodamientos no pueden desmontarse y, por lo tanto, son difíciles de limpiar.

Fig. 2

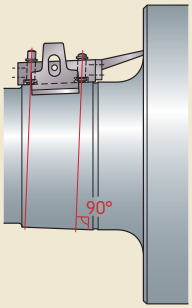


Eliminación del conservante de los rodamientos nuevos

Los rodamientos deben dejarse en sus envases originales hasta inmediatamente antes del montaje para que no queden expuestos a ningún contaminante, especialmente a la suciedad. Normalmente, no es necesario eliminar por completo el conservante que se aplica a los rodamientos nuevos. Bastará con quitarlo del diámetro exterior y de las superficies del agujero.

PRECAUCIÓN: SKF recomienda lavar y secar cuidadosamente los rodamientos si se van a lubricar con grasa y se van a utilizar a temperaturas muy altas o muy bajas. Los rodamientos también deben lavarse si el lubricante que se va a utilizar no es compatible con el conservante (→ *Compatibilidad entre grasas y conservantes de rodamientos SKF*, **página 202**).

Fig. 3

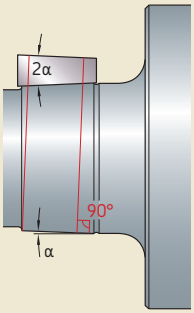


Control de los componentes asociados

Para que un rodamiento funcione satisfactoriamente, es necesario que los componentes asociados tengan la precisión necesaria y que se respeten las tolerancias prescritas. Por lo tanto:

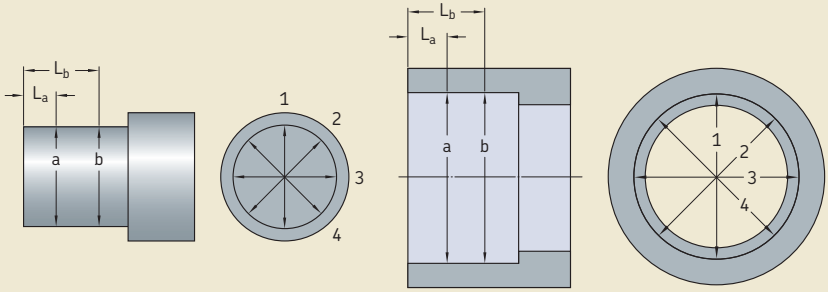
- Eliminar cualquier rebaba u óxido.
- Comprobar la precisión dimensional y de forma de todos los componentes asociados de la disposición de rodamientos.

Fig. 4



Formulario de informe de mediciones

Rodamiento:
Posición del rodamiento:
Aplicación:



Sentidos para la medición	**Eje** Valores de medición [mm] en el lugar				**Soporte** Valores de medición [mm] en el lugar			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
	Distancia L				Distancia L			
	Diámetro D				Diámetro D			
1								
2								
3								
4								
	Media calculada: (1+2+3+4)/4				Media calculada: (1+2+3+4)/4			

Observaciones:	
Fecha:	Comprobado por:

- Comprobar los asientos del eje cilíndrico. Con ayuda de un micrómetro, medir en dos puntos del asiento del eje. Asegurarse de medir en cuatro sentidos (→ **fig. 1**). En el caso de asientos grandes, puede ser necesario medir en tres o cuatro lugares (→ **Formulario de informe de mediciones**, **página 48**).
- Comprobar los asientos del eje cónico utilizando un calibre de anillo (→ **fig. 2**), un calibre cónico (→ **fig. 3**) o una regla de senos (→ **fig. 4**).
- Los asientos del soporte se comprueban, por lo general, en dos lugares con un micrómetro interno u otro calibre de medición comparable. Asegurarse de medir en cuatro sentidos (→ **fig. 1, página 46**). En el caso de asientos grandes, puede ser necesario medir en tres o cuatro lugares.
- Registrar los valores de medición de los diámetros del eje y del agujero para futuras consultas. Utilizar el formulario de informe de mediciones.

A la hora de realizar las mediciones, es importante que los componentes y los instrumentos de medición tengan, aproximadamente, la misma temperatura. Esto es especialmente importante cuando se trata de rodamientos grandes y sus componentes asociados.

Seguridad

Para minimizar la posibilidad de lesiones, al manipular o montar rodamientos:

- Utilizar siempre guantes, especialmente cuando se manipulen rodamientos calientes o se trabaje con lubricantes.
- Utilizar siempre herramientas de elevación o transporte adecuadas.
- No golpear nunca el rodamiento directamente con un objeto duro, como un martillo de acero o un cincel.

Preparación de los componentes

Antes de montar un rodamiento, preparar los componentes asociados y hacer lo siguiente:

- Montar cualquier componente que esté en el eje delante del rodamiento.
- Para un ajuste firme del eje y/o del soporte, recubrir el (los) asiento(s) del rodamiento con una fina capa de aceite ligero.
- Para un ajuste flojo del eje y/o del soporte, recubrir el (los) asiento(s) del rodamiento con un agente anticorrosión de SKF.
- Si el eje o el manguito está equipado para inyección de aceite, asegúrese de que los conductos y ranuras estén limpios.

Manipulación de los rodamientos

SKF recomienda usar guantes y herramientas de transporte y elevación diseñadas especialmente para el montaje de rodamientos. Además del tema de la seguridad, el uso de las herramientas adecuadas ahorrará tiempo y esfuerzo.

Fig. 5

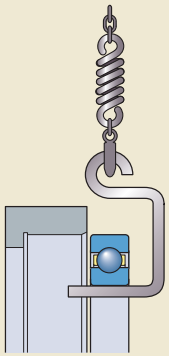
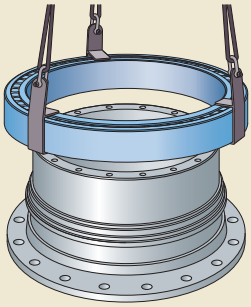


Fig. 6



Al manipular rodamientos calientes o con aceite, SKFrecomienda usar los guantes adecuados resistentes al calor o al aceite (→ *Guantes*, **página 73**).

Los rodamientos calentados y los rodamientos más grandes y pesados pueden ser difíciles de manejar con seguridad por una o dos personas. En estos casos, se debe utilizar un equipo adecuado para levantar y transportar el rodamiento (→ **figs. 5, 6** y **7, página 50**).

En el caso de rodamientos grandes y pesados, se debe usar un dispositivo de elevación que soporte el rodamiento desde abajo (→ **fig. 8**). No suspender nunca el rodamiento de un solo punto, ya que se podrían deformar permanentemente los aros. Un muelle entre el gancho y el dispositivo de elevación (→ **fig. 5**, **página 49**) puede facilitar el posicionamiento del rodamiento en el eje.

Los rodamientos grandes provistos de orificios roscados en una de las caras laterales del aro pueden incorporar cáncamos. Dado que el tamaño y la profundidad del orificio están limitados por el grosor del aro, estos orificios están diseñados para soportar únicamente el peso del rodamiento.

Asegurarse de que los cáncamos estén sometidos únicamente a una carga en el sentido del eje del vástago (→ **fig. 9**).

PRECAUCIÓN: No colocar nunca componentes adicionales sobre el rodamiento antes de la elevación.

Cuando se monta un soporte macizo y grande sobre un rodamiento que ya está en posición en un eje, se recomienda proporcionar tres puntos de suspensión para el soporte, con una de las eslingas ajustable. De esta manera, se facilita el proceso de alineación del agujero del soporte con el diámetro exterior del rodamiento.

Fig. 7

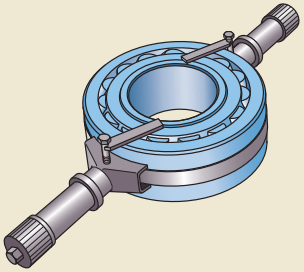


Fig. 8

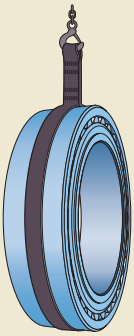
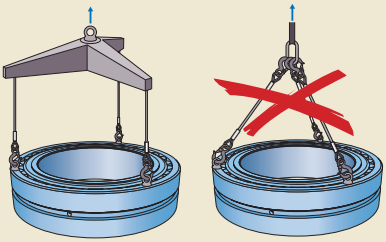


Fig. 9



Juego interno del rodamiento

El juego interno de un rodamiento es la distancia total a la cual un aro del rodamiento se puede mover con respecto al otro.

El movimiento en sentido radial se denomina "juego radial interno" y el movimiento axial se denomina "juego axial interno" (→ **fig. 10**).

Juego antes y después del montaje

Es importante distinguir entre el juego interno de un rodamiento antes del montaje y el juego interno de un rodamiento ya montado en condiciones reales de funcionamiento.

El juego antes del montaje suele ser mayor que el juego en funcionamiento porque los aros se dilatan o comprimen debido al ajuste de interferencia, y por la dilatación térmica de los aros del rodamiento y los componentes asociados.

Como regla general, el juego radial interno de funcionamiento debe ser ligeramente superior a cero, mientras que una ligera precarga para los rodamientos de bolas no suele tener ningún efecto perjudicial. La precarga no es recomendable en el caso de los rodamientos de reposición, ya que los asientos podrían no ser ya óptimos.

Los valores del juego antes del montaje se encuentran en el **Apéndice E**, desde la **página 388**.

Fig. 10

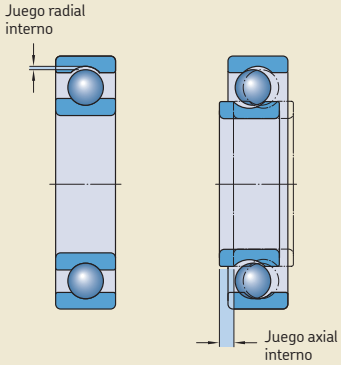


Fig. 11

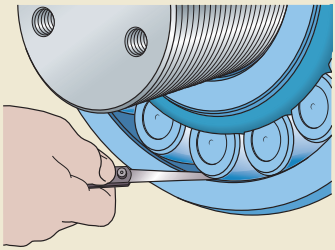
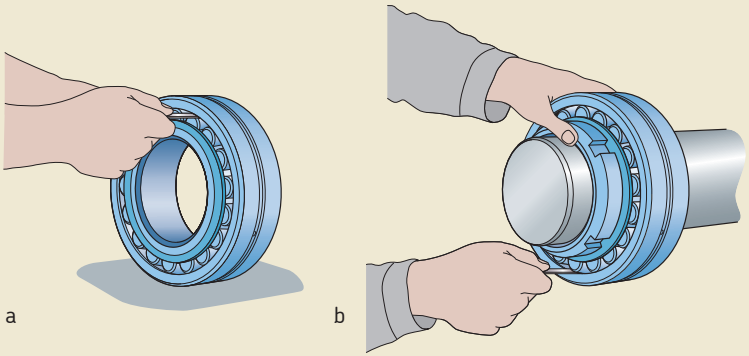


Fig. 12



Medición del juego con una galga de espesores

Para medir el juego radial interno en rodamientos de rodillos a rótula medianos y grandes, y en rodamientos de rodillos toroidales CARB, antes, durante y después del montaje, se suele utilizar una galga de espesores (→ **fig. 11**, **página 51**).

Antes de medir, gire el aro interior o exterior un par de veces. Asegurarse de que ambos aros del rodamiento y el conjunto de rodillos estén dispuestos centralmente uno respecto del otro.

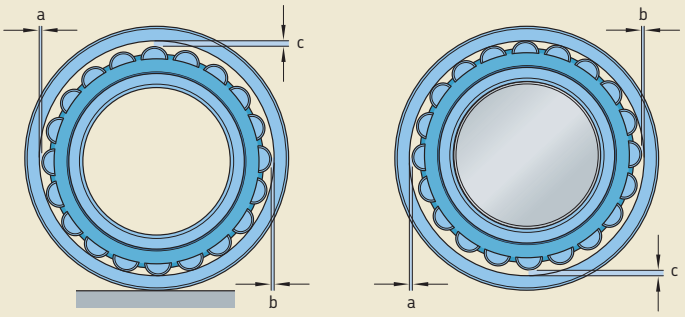
Para empezar, seleccionar una hoja de galga que sea ligeramente más fina que el valor mínimo para el juego inicial del rodamiento (→ **Apéndice E**, desde la **página 388**). Para medir, mover la hoja hacia adelante y hacia atrás entre el centro del rodillo y el camino de rodadura. Repetir este procedimiento usando una hoja más gruesa cada vez hasta que se pueda sentir una ligera resistencia entre la hoja y el rodillo. Para confirmar el valor, girar el aro interior 180 grados y volver a medir. Tomar las mediciones entre:

- el aro interior y el rodillo superior, antes del montaje (→ **fig. 12a**, **página 51**)
- el aro exterior y el rodillo inferior, después del montaje (→ **fig. 12b**, **página 51**)

Para los rodamientos grandes, especialmente aquellos con un aro exterior de pared algo delgada, las mediciones se ven afectadas por la deformación elástica de los aros, a causa del peso del rodamiento o la fuerza requerida para pasar la hoja de la galga por el espacio entre el camino de rodadura y un rodillo sin carga. Para establecer el "verdadero" juego antes y después del montaje, utilice el siguiente procedimiento (→ **fig. 13**):

- Medir el juego "c" en la posición de las 12 en punto de las agujas del reloj para un rodamiento de pie, o en la posición de las 6 en punto para un rodamiento antes de montar suspendido del eje.
- Medir los juegos "a" en la posición de las 9 en punto y "b" en la posición de las 3 en punto sin mover el rodamiento.
- Calcular el juego radial interno "verdadero" con bastante precisión mediante la fórmula 0,5 (a + b + c).

Fig. 13



Montaje en frío

Para el montaje en frío, existen varios métodos:

- métodos mecánicos
- el método de calado de rodamientos SKF Drive-up
- el método de inyección de aceite
- medición de la dilatación del aro interior (SensorMount)

Los métodos mecánicos se utilizan generalmente para calar rodamientos pequeños con agujero cónico o cilíndrico sobre un eje o un soporte. Los otros tres métodos se utilizan únicamente para calar rodamientos con agujero cónico en un asiento cónico.

PRECAUCIÓN: Al montar un rodamiento, no golpear nunca directamente con ningún objeto duro, como un martillo de acero o un cincel, y no aplicar nunca la fuerza de montaje a través de los elementos rodantes.

Métodos mecánicos

Rodamientos con un agujero cilíndrico

Los rodamientos pequeños deben montarse con una herramienta de montaje de rodamientos adecuada, p. ej., el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF (→ **fig. 14a**).

Si el eje tiene una rosca externa (→ **fig. 14b** y **c**) o interna (→ **fig. 14d**), las roscas pueden utilizarse para montar el rodamiento en un eje.

Si se tiene que colocar un rodamiento a presión en el eje y en el agujero del soporte al mismo tiempo, la fuerza de montaje se debe aplicar por igual a ambos aros (→ **fig. 15**).

Para montar una gran cantidad de rodamientos, se puede utilizar una prensa hidráulica o mecánica. Cuando se utilice una prensa, colocar un manguito adecuado entre el cilindro y el aro que se va a montar (→ **fig. 16**, **página 54**).

Fig. 14

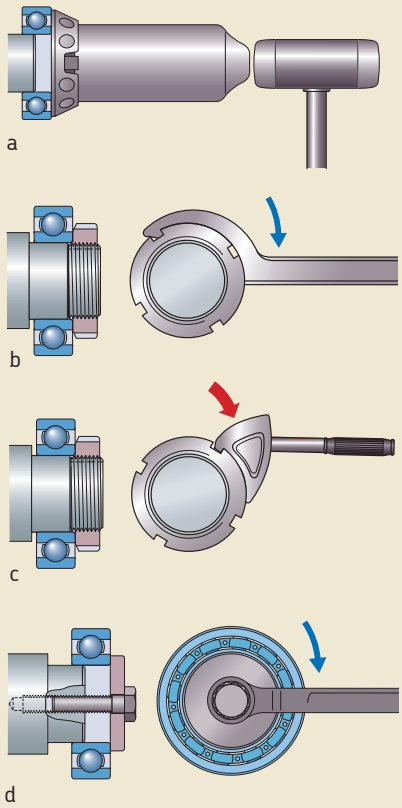
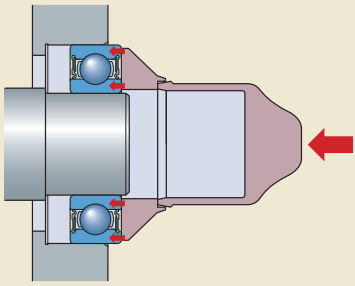


Fig. 15



Rodamientos con agujero cónico

Los rodamientos pequeños y medianos se pueden calar sobre un asiento cónico usando una herramienta para montaje de rodamientos o, preferentemente, una tuerca de fijación. En el caso de los manguitos de fijación, se utiliza la tuerca del manguito.

Se puede utilizar una llave de gancho o de impacto para apretar la tuerca (→ **fig. 17**) y calar el rodamiento hasta su asiento cónico. Los manguitos de desmontaje pequeños se pueden calar en el agujero del rodamiento utilizando una herramienta para montaje de rodamientos o una placa de fijación.

Los rodamientos con diámetro del agujero $d \geq 50$ mm se pueden montar de manera simple y confiable mediante el método de calado de rodamientos SKF Drive-up (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, desde la **página 57**).

La combinación del método de calado de rodamientos SKF Drive-up y el método de inyección de aceite facilita el montaje de rodamientos medianos y grandes (→ *Método de inyección de aceite*, desde la **página 62**).

La combinación del método de inyección de aceite y el método SensorMount simplifica aún más el montaje de rodamientos grandes (→ *SensorMount*, **página 67**).

Los rodamientos con agujero cónico se montan con un ajuste de interferencia. El grado de interferencia se determina, en general, mediante uno de los siguientes métodos:

- detección de la reducción del juego inclinando el aro exterior
- medición de la reducción del juego con una galga de espesores
- medición del ángulo de apriete de la tuerca de fijación
- medición del calado axial
- medición de la dilatación del aro interior

NOTA: La aplicación de los valores recomendados para la reducción del juego, el ángulo de apriete de la tuerca de fijación, el calado axial o la dilatación del aro interior evita el deslizamiento del aro interior en condiciones normales de funcionamiento, pero no asegura un juego radial correcto en funcionamiento. Se deben evaluar cuidadosamente otras influencias del ajuste del soporte del rodamiento y las diferencias de temperatura entre el aro interior y el aro exterior cuando se seleccione la clase de juego radial interno del rodamiento. Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Fig. 16

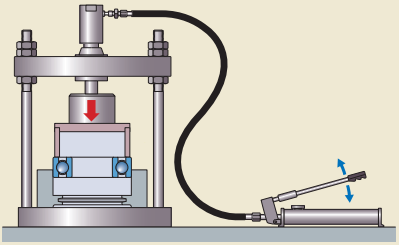


Fig. 17

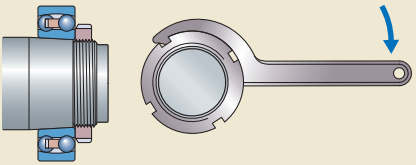


Fig. 18

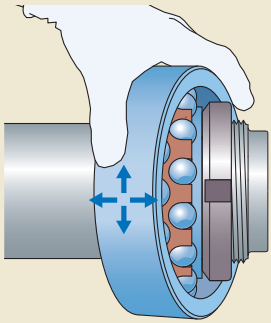
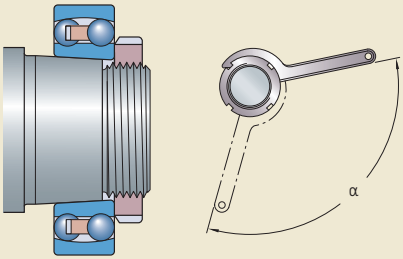


Fig. 19



Detección de la reducción del juego inclinando el aro exterior

Al montar rodamientos de bolas a rótula con juego radial Normal, por lo general, es suficiente comprobar la reducción del juego durante el calado axial girando e inclinando el aro exterior (→ **fig. 18**). La reducción del juego en el rodamiento es suficiente cuando el aro exterior puede girarse fácilmente, pero se siente una pequeña resistencia cuando se lo inclina.

Medición de la reducción del juego con una galga de espesores

El uso de una galga de espesores (→ **fig. 12**, **página 51**) es una forma de medir el juego radial interno en rodamientos medianos y grandes, antes, durante y después del montaje (→ *Medición del juego con una galga de espesores*, **página 52**).

Los valores recomendados para la reducción del juego radial interno se facilitan para:

- rodamientos de rodillos a rótula en el **Apéndice F-2** (→ **página 403**)
- rodamientos de rodillos toroidales CARB en el **Apéndice F-3** (→ **página 404**)

Medición del ángulo de apriete de la tuerca de fijación (α)

SKF recomienda este método (→ **fig. 19**) para el montaje de rodamientos pequeños y medianos con un agujero cónico y de hasta 120 mm de diámetro. Los valores orientativos para el ángulo de apriete de la tuerca de fijación (α) se facilitan para:

- rodamientos de bolas a rótula en el **Apéndice F-1** (→ **página 402**)
- rodamientos de rodillos a rótula en el **Apéndice F-2** (→ **página 403**)
- rodamientos de rodillos toroidales CARB en el **Apéndice F-3** (→ **página 404**)

Antes de comenzar con el procedimiento de apriete final, colocar el rodamiento sobre el asiento cónico hasta que se encuentre firme en su posición. Si se aprieta la tuerca al ángulo recomendado (α), el rodamiento se calará una distancia adecuada sobre el asiento cónico. El aro interior del rodamiento tendrá, entonces, el ajuste de interferencia requerido.

Medición del calado axial

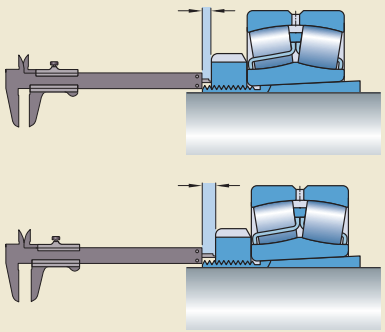
Si se controla el desplazamiento axial de un rodamiento en su asiento cónico, se consigue fácilmente el ajuste. Una forma es simplemente medir el desplazamiento axial (→ **fig. 20**). Este método no es muy preciso, ya que no es fácil determinar la posición inicial.

Los valores orientativos para el calado axial se facilitan para:

- rodamientos de bolas a rótula en el **Apéndice F-1** (→ **página 402**)
- rodamientos de rodillos a rótula en el **Apéndice F-2** (→ **página 403**)
- rodamientos de rodillos toroidales CARB **Apéndice F-3** (→ **página 404**)

El método más adecuado es el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, que es un método fácil, rápido y muy confiable para lograr el calado correcto y, por lo tanto, el ajuste de interferencia adecuado (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, desde la **página 57**).

Fig. 20



Medición de la dilatación del aro interior

La medición de la dilatación del aro interior cuando el rodamiento se cala en su asiento cónico simplifica el proceso de montaje de los rodamientos grandes. Para ello, utilizar SensorMount, disponible con un sensor integrado en el aro interior del rodamiento y un indicador portátil específico (→ *SensorMount*, **página 67**).

Tabla 1

Herramientas adecuadas para el Método de calado de rodamientos SKF Drive-up

Designación	Descripción
Tuercas hidráulicas	
HMV ..E, p. ej., HMV 40E	Tuerca hidráulica con rosca métrica, p. ej., M 200 × 3
HMVC ..E, p. ej., HMVC 40E	Tuerca hidráulica con rosca en pulgadas, p. ej., ANF 7.847 × 8 clase 3
Bombas	
729124 SRB	Bomba hidráulica manual para - presión de funcionamiento de hasta 100 MPa y - tuercas hidráulicas de hasta 270 mm de diámetro de rosca
TMJL 100 SRB	Bomba hidráulica manual para - presión de hasta 100 MPa y - tuercas hidráulicas de hasta 460 mm de diámetro de rosca
TMJL 50 SRB	Bomba hidráulica manual para - presión de funcionamiento de hasta 50 MPa y - tuercas hidráulicas de hasta 1000 mm de diámetro de rosca
Manómetro	
TMJG 100 D	Rango de presión: 0–100 MPa
Relojes comparadores	
TMCD 10R	Reloj comparador horizontal para medir desplazamientos de hasta 10 mm
TMCD 1/2R	Reloj comparador horizontal para medir desplazamientos en pulgadas, de hasta 0.5 pulg.
TMCD 5	Reloj comparador vertical para medir desplazamientos de hasta 5 mm

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up

El método de calado de rodamientos SKF Drive-up se recomienda para rodamientos medianos y grandes. El método se basa en un procedimiento de montaje en dos etapas mediante una tuerca hidráulica provista de un reloj comparador.

Primera etapa: al aplicar una presión predeterminada en la tuerca hidráulica, se alcanza una posición inicial confiable.

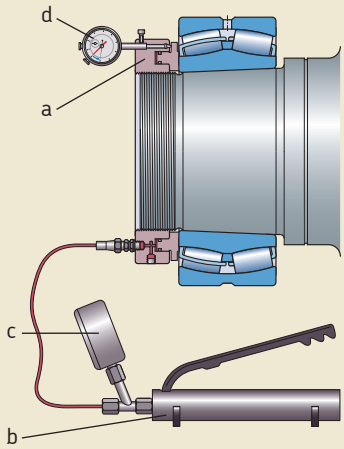
Segunda etapa: al aumentar la presión en la tuerca hidráulica, el aro interior del rodamiento se desplaza más en su asiento cónico. El desplazamiento se mide con el reloj comparador, hasta que se obtiene un desplazamiento axial predeterminado. Los valores orientativos de presión de aceite requerida para alcanzar la posición inicial y que el desplazamiento axial alcance la posición final se facilitan para:

- rodamientos de bolas a rótula en el **Apéndice H-1** (→ **página 406**)
- rodamientos de rodillos a rótula en el **Apéndice H-2** (→ **página 407**)
- rodamientos de rodillos toroidales CARB en el **Apéndice H-3** (→ **página 411**)

El método de calado de rodamientos SKF Drive-up requiere las siguientes herramientas (→ **tabla 1** y **fig. 21**):

- una tuerca hidráulica SKF HMV ..E o HMVC .. (**a**)
- una bomba hidráulica de tamaño adecuado (**b**)
- un manómetro apropiado para las condiciones de montaje (**c**)
- un reloj comparador adecuado (**d**)

Fig. 21



Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: Paso a paso

1 Antes de comenzar, seguir atentamente las directrices indicadas en el apartado *Preparativos antes del montaje*, desde la **página 46**, y aplicarlas cuando corresponda.

2 Determinar si hay una o dos superficies de deslizamiento durante el montaje (**→ fig. 22**):

- una superficie: **casos 1, 2** y **3**
- dos superficies: **casos 4** y **5**

3 Comprobar si el diámetro del agujero del rodamiento y el diámetro de la rosca de la tuerca hidráulica son iguales (**→ fig. 22**: **casos 1**, **3** y **4**). Si es así, la presión de aceite requerida para alcanzar la posición inicial se facilita para:

- rodamientos de bolas a rótula en el **Apéndice H-1** (**→ página 406**)
- rodamientos de rodillos a rótula en el **Apéndice H-2** (**→ página 407**)
- rodamientos de rodillos toroidales en el CARB **Apéndice H-3** (**→ página 411**)

Si el diámetro del agujero del rodamiento y el diámetro de la rosca de la tuerca hidráulica no son iguales (**→ fig. 22: casos 2** y **5**), hay que ajustar la presión de aceite requerida para alcanzar la posición inicial, ya que se utiliza una tuerca hidráulica más pequeña que la indicada para el rodamiento correspondiente. En estos casos, la presión de aceite requerida puede calcularse de la fórmula

$$P_{req} = \frac{A_{ref}}{A_{req}} P_{ref}$$

donde
P_{req} = presión de aceite requerida para la tuerca hidráulica real [MPa]
P_{ref} = presión de aceite especificada para la tuerca hidráulica de referencia [MPa]
A_{req} = área del pistón de la tuerca hidráulica real [mm^2]
A_{ref} = área del pistón de la tuerca hidráulica de referencia especificada [mm^2]

Los valores adecuados para P_{ref}, A_{req} y A_{ref} se indican en los apéndices mencionados.

4 Recubrir las superficies de deslizamiento con una fina capa de aceite ligero y colocar el rodamiento sobre el eje cónico o el manguito.

5 Enroscar la tuerca hidráulica en la rosca del eje o del manguito de manera que haga tope con el rodamiento o con el manguito de desmontaje (**→ fig. 23**).

NOTA: Las instrucciones de montaje detalladas, específicas para la designación del rodamiento, se encuentran en www.skf.com/mount.

Fig. 22

Pasos 2 y 3: Determinar el número de superficies de deslizamiento y la presión inicial adecuada.

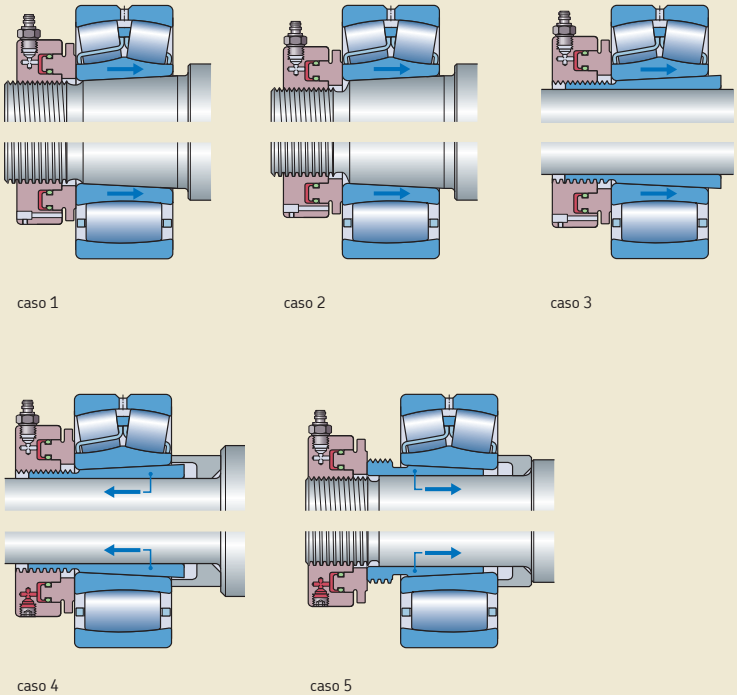


Fig. 23

Paso 5: Colocar la tuerca hidráulica en su posición.

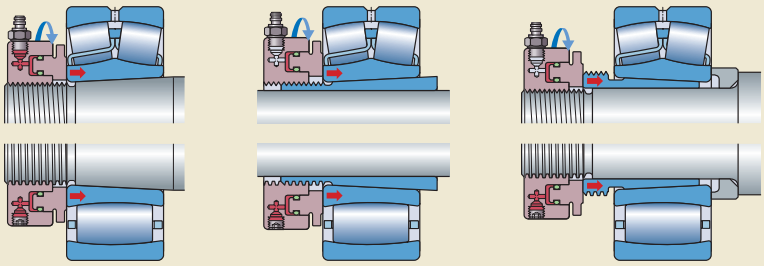


Fig. 24

Paso 6: Aplicar la presión requerida para alcanzar la posición inicial.

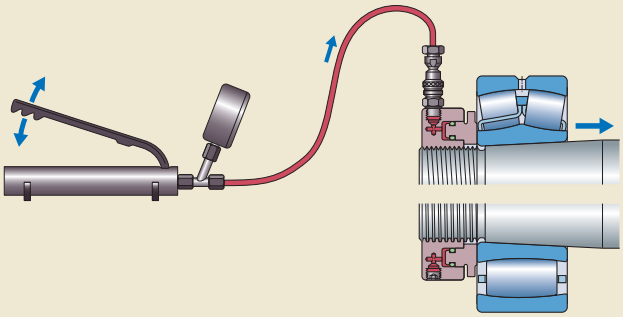


Fig. 25

Paso 7: Leer el desplazamiento axial en el reloj comparador.

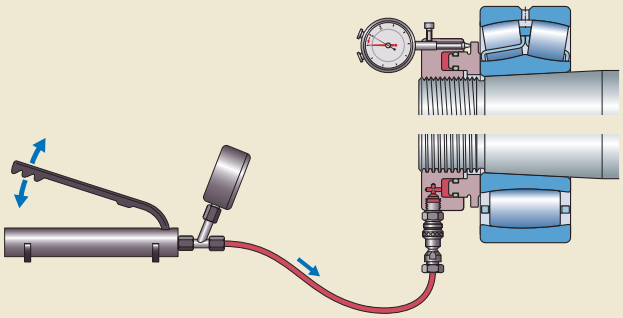
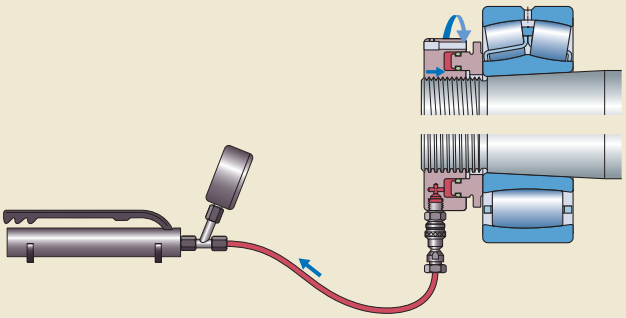


Fig. 26

Paso 9: Drenar el aceite de la tuerca hidráulica.



6 Conectar la bomba de aceite con la tuerca hidráulica. Calar el rodamiento a su posición inicial aplicando aceite a la tuerca hidráulica hasta alcanzar la presión requerida. No soltar la presión (→ **fig. 24**).

NOTA: Al montar el rodamiento en combinación con el método de inyección de aceite, no inyectar aceite entre las superficies de contacto antes de haber alcanzado la posición inicial.

7 Conectar el reloj comparador a la tuerca hidráulica. Ajustar el reloj comparador a la distancia de calado requerida. Bombear aceite adicional a la tuerca hidráulica hasta que el rodamiento se haya calado la distancia requerida y el reloj comparador indique cero (→ **fig. 25**).

NOTA: Si se utiliza el método de inyección de aceite, abrir la válvula de descarga de aceite de la(s) bomba(s) de aceite utilizada(s) para la inyección de aceite (al eje o al manguito) y dejar que el aceite drene durante al menos 20 minutos.

8 Una vez finalizado el montaje, abrir la válvula de descarga de aceite de la bomba de aceite para despresurizar el aceite.

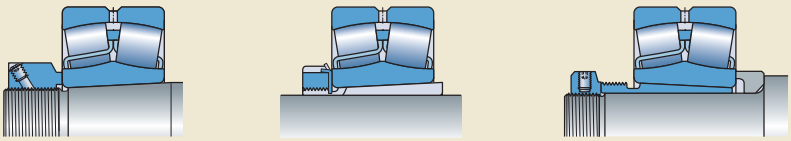
9 Para drenar el aceite, llevar el pistón de la tuerca hidráulica a su posición original. Para ello, enroscar la tuerca en la parte roscada del eje o manguito (→ **fig. 26**).

10 Desconectar la bomba de aceite y retirar la tuerca del eje o manguito. El rodamiento no se soltará.

11 Asegurar el rodamiento en su asiento del eje o en el manguito, por ejemplo, utilizando el dispositivo de fijación adecuado (→ **fig. 27**).

Fig. 27

Paso 11: Asegurar el rodamiento en su asiento del eje o en el manguito.



Eje cónico | Manguito de fijación | Manguito de desmontaje

Método de inyección de aceite

El uso del método de inyección de aceite (→ **fig. 28**) puede ahorrar mucho esfuerzo al montar un rodamiento con un agujero cónico. Con este método, se introduce aceite a alta presión entre el agujero del rodamiento y su asiento para formar una película de aceite. Esta película de aceite separa las superficies de contacto y reduce considerablemente la fricción entre ellas.

Siempre que la aplicación esté preparada para la inyección de aceite (→ **Apéndice G**, **página 405**), este método puede utilizarse para montar un rodamiento:

- sobre un eje cónico
- sobre un manguito de fijación
- sobre un manguito de desmontaje

El equipo necesario para el método de inyección de aceite también está disponible de SKF. Los productos se muestran y describen en la sección *Herramientas hidráulicas*, en la **página 73**.

Si se aplica el método de inyección de aceite al montar rodamientos medianos y grandes, SKF recomienda el siguiente procedimiento de montaje paso a paso.

Método de inyección de aceite: Paso a paso

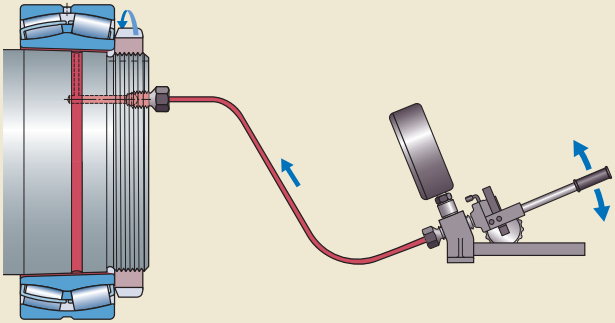
1 Antes de comenzar, seguir atentamente las directrices indicadas en el apartado *Preparativos antes del montaje*, desde la **página 46**, y aplicarlas cuando corresponda.

2 Medir el juego radial interno del rodamiento. Determinar también la reducción del juego necesaria y la distancia de calado axial (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, desde la **página 57**) del rodamiento. Los valores orientativos se facilitan para:

- rodamientos de bolas a rótula en el **Apéndice F-1** (→ **página 402**)
- rodamientos de rodillos a rótula en el **Apéndice F-2** (→ **página 403**)
- rodamientos de rodillos toroidales CARB en el **Apéndice F-3** (→ **página 404**)

NOTA: Para medir el juego radial interno, seguir las instrucciones que se indican en la sección *Medición del juego con una galga de espesores* en la **página 52**.

Fig. 28



3 Montaje con manguito:
- Si procede, retirar la tuerca y el dispositivo de fijación. Cuando se utilice una tuerca de fijación para calar el rodamiento a su posición, recubrir la rosca del manguito y el lado de la tuerca de fijación que enfrenta al rodamiento con una pasta de bisulfuro de molibdeno.

4 Recubrir todas las superficies de contacto con una fina capa de aceite ligero.

5 Comenzar a montar el rodamiento (→ **fig. 29**).
Eje cónico:
- Empujar el rodamiento sobre su asiento.

Manguito de fijación:
- Deslizar el manguito en su posición. Colocar el rodamiento sobre el manguito.

Manguito de desmontaje:
- Colocar el rodamiento centrado en el eje y contra el resalte. Empujar el manguito a lo largo del eje, dentro del agujero del rodamiento.

NOTA: En caso de una resistencia excesiva al deslizamiento, dilatar ligeramente el manguito introduciendo una pequeña cuña de plástico en su ranura.

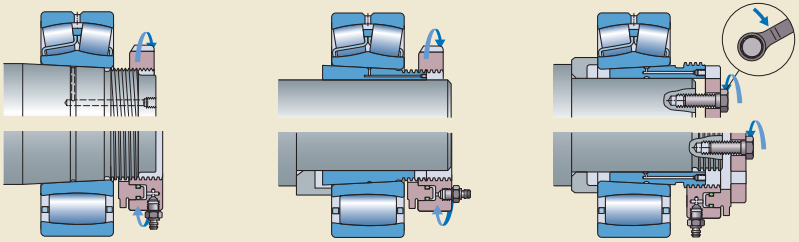
6 Colocar los accesorios en su sitio.
Eje cónico:
- Enroscar la tuerca de fijación o la tuerca hidráulica sobre el eje hasta que el rodamiento quede firme en su posición.

Manguito de fijación:
- Enroscar la tuerca de fijación o la tuerca hidráulica sobre el manguito hasta que el rodamiento quede firme en su posición.

Manguito de desmontaje:
- Cuando se utilice una tuerca hidráulica o se aplique el método de calado de rodamientos SKF Drive-up para introducir el manguito en el agujero del rodamiento, enroscar la tuerca en el manguito con el pistón hacia afuera, y dejar un espacio que corresponda, como mínimo, a la distancia de montaje axial. Colocar un tope en el eje, p. ej., una placa de fijación para que el pistón trabaje contra ella.

Fig. 29

Pasos 5 y 6: Colocar el rodamiento y los accesorios en su sitio.



Eje cónico | Manguito de fijación | Manguito de desmontaje

7 Instalar las tuberías y accesorios adecuados (→ **fig. 30**).
Eje cónico:
– Instalar el accesorio en el agujero roscado para el suministro de aceite en el extremo del eje.
Manguito de fijación:
– Enroscar el tubo alargador de suministro de aceite con un conector rápido en el lado roscado del manguito.
Manguito de desmontaje:
– Enroscar el tubo alargador de suministro de aceite con un conector rápido en el lado roscado del manguito.

8 Conectar la(s) bomba(s) de aceite adecuada(s).

NOTA: Cuando se aplique el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, seguir el procedimiento que se indica en la sección *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, desde la **página 57**.

9 Inyectar aceite con una viscosidad de aproximadamente 300 mm²/s a 20 °C (*70 °F*), p. ej., líquido de montaje SKF, entre la(s) superficie(s) de contacto hasta que las superficies de contacto estén separadas por una capa de aceite (→ **fig. 31**).

10 Calar el rodamiento (→ **fig. 32**).
Eje cónico:
– Calar el rodamiento la distancia determinada hasta su posición final en el eje, apretando la tuerca de fijación o mediante la tuerca hidráulica.
Manguito de fijación:
– Calar el rodamiento la distancia determinada hasta su posición final en el manguito, apretando la tuerca de fijación o mediante la tuerca hidráulica.
Manguito de desmontaje:
– Introducir el manguito en el agujero del rodamiento hasta la distancia axial determinada, apretando los tornillos sucesivamente o accionando la bomba de aceite de la tuerca hidráulica.

NOTA: Cuando se utilice el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, aplicar la presión de aceite adecuada a la tuerca hidráulica hasta que el rodamiento esté en la posición inicial. A continuación, colocar el reloj comparador y fijarlo en el valor requerido de calado. Seguir bombeando aceite hasta que el indicador alcance la distancia de calado. Entonces, el indicador marcará cero.

Fig. 30

Pasos 7 y 8: Instalar los accesorios y las tuberías, y conectar el equipo de inyección de aceite.

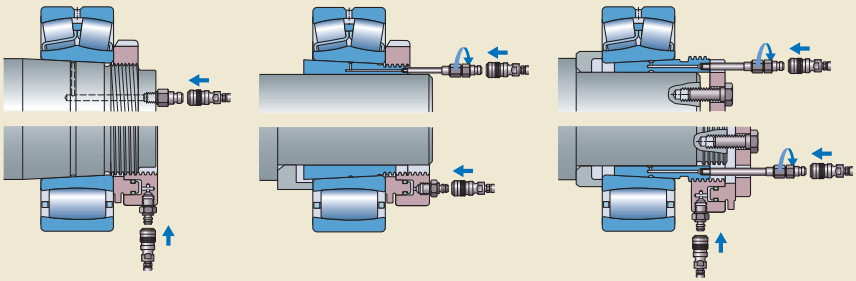
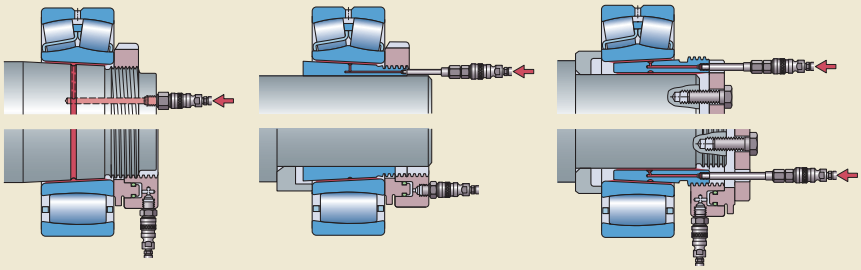


Fig. 31

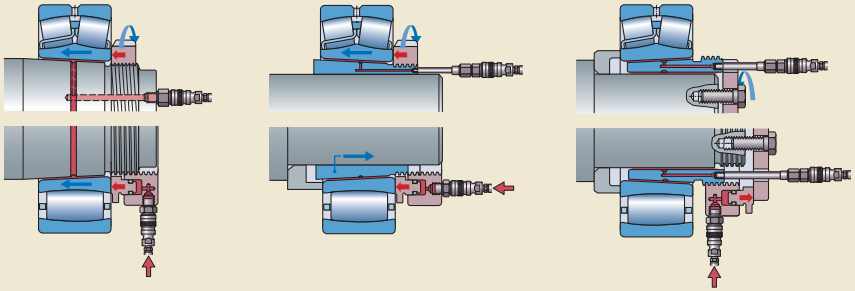
Paso 9: Inyectar aceite a alta presión para separar las superficies de contacto.



Eje cónico | Manguito de fijación | Manguito de desmontaje

Fig. 32

Paso 10: Calar el rodamiento.



Eje cónico | Manguito de fijación | Manguito de desmontaje

11 Una vez finalizado el montaje, abrir la válvula de descarga de aceite de la(s) bomba(s) utilizada(s) para la inyección de aceite. Dejar que el aceite drene durante al menos 20 minutos.

PRECAUCIÓN: Si se utiliza el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, no se debe liberar la presión de la tuerca hidráulica en esta etapa.

12 Comprobar el juego radial residual con una galga de espesores.

NOTA: Cuando se utiliza el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, no es necesario comprobar el juego radial interno después del montaje.

13 Si el juego residual se ajusta a los valores recomendados, desconectar el suministro de aceite al eje o al manguito (incluido el tubo alargador), retirar el accesorio y sustituir el conducto de aceite.

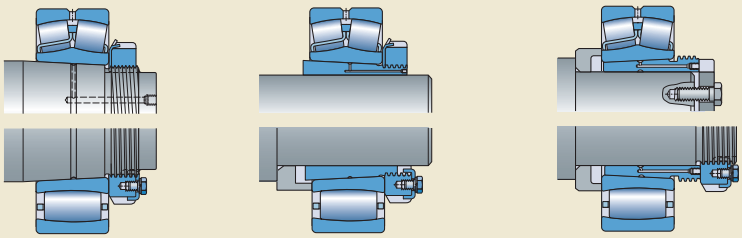
NOTA: Cuando se utiliza el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, abrir la válvula de descarga de aceite de la bomba que acciona la tuerca hidráulica. Para vaciar la tuerca, devolver el pistón a la posición inicial enroscando la tuerca.

14 Si procede, retirar la tuerca de fijación, la tuerca hidráulica o los tornillos de la placa de fijación. El conjunto no se soltará.

15 Asegurar el rodamiento con el dispositivo de fijación adecuado (→ **fig. 33**):
- Para las tuercas de fijación KM o KML, utilizar la arandela de fijación MB o MBL adecuada.
- Para las tuercas de fijación de las series HM 30 y HM 31, utilizar el seguro de fijación y el perno suministrados.
- Para las aplicaciones con placa de fijación, utilizar pernos y arandelas elásticas adecuadas.

Fig. 33

Paso 15: Asegurar el rodamiento.



Eje cónico | Manguito de fijación | Manguito de desmontaje

SensorMount

SensorMount permite que se monten con precisión los rodamientos de rodillos a rótula SKF y los rodamientos de rodillos toroidales CARB con agujero cónico y un diámetro > 340 mm, sin medir el juego radial interno ni la distancia de calado antes o después del montaje. El montaje es rápido y preciso.

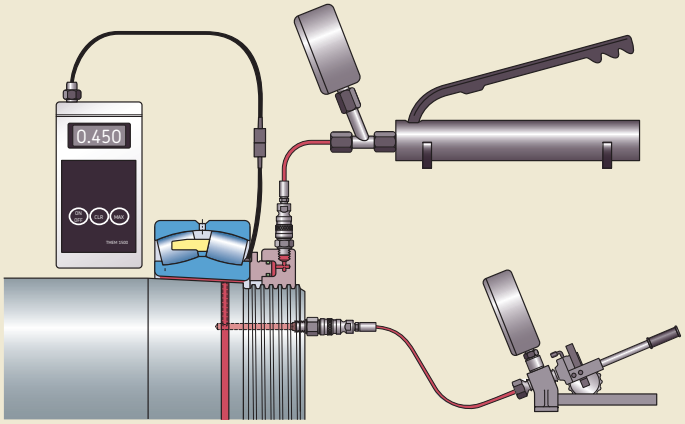
SensorMount utiliza un sensor, integrado en el aro interior del rodamiento, y un indicador portátil específico (→ **fig. 34**). El indicador procesa la información del sensor. La dilatación del aro interior se muestra como la relación entre la reducción del juego (µm) y el diámetro del agujero del rodamiento (mm). El valor 0,450 que aparece en la pantalla del indicador es un límite común para los rodamientos que funcionan en condiciones normales.

No es necesario prestar especial atención a aspectos como el tamaño del rodamiento, el material y el diseño del eje (macizo o hueco) y el acabado de la superficie.

Los rodamientos que se van a montar en un eje cónico o en un manguito de fijación tienen el sensor del lado del diámetro del agujero pequeño del aro interior, prefijo de designación ZE, p. ej., ZE 23084 CAK/W33. Los rodamientos que se montan en un manguito de desmontaje tienen el sensor del lado del diámetro del agujero grande, prefijo de designación ZEB, p. ej., ZEB C 3084 KM.

NOTA: Con el rodamiento, se suministran las instrucciones detalladas de montaje. Como alternativa, se pueden encontrar instrucciones en http://www.skf.com/mount.

Fig. 34



Montaje en caliente

La diferencia de temperatura requerida entre el aro del rodamiento y el eje o el soporte depende del grado de interferencia y del diámetro del asiento del rodamiento.

Al calentar los rodamientos, es esencial controlar la temperatura:

- No calentar los rodamientos abiertos a más de 120 °C *(250 °F)*.
- No calentar los rodamientos sellados a más de 80 °C *(175 °F)* debido a su relleno de grasa y/o material del sello.

Para los soportes, un aumento moderado de la temperatura, de 20 a 50 °C *(de 35 a 90 °F)*, suele ser suficiente, ya que el grado de interferencia no suele ser grande.

Una vez que el rodamiento se ha calentado, el objetivo es colocar ese rodamiento en su lugar, contra su reborde, tan rápido como sea posible, y mantenerlo allí hasta que se haya enfriado. Para ello, SKF recomienda utilizar una herramienta de manipulación de rodamientos y un dispositivo de elevación, especialmente al montar rodamientos medianos y grandes (→ **figs. 7** a **9** en la **página 50**).

PRECAUCIÓN: Al montar un rodamiento, no golpear nunca directamente con ningún objeto duro, como un martillo de acero o un cincel, y no aplicar nunca la fuerza de montaje a través de los elementos rodantes.

Para calentar un rodamiento o soporte a la temperatura adecuada de forma rápida y segura, SKF ofrece una amplia gama de calentadores. La siguiente es una lista de las técnicas de calentamiento disponibles y sus usos típicos.

PRECAUCIÓN: ¡Nunca caliente un rodamiento con llama directa (→ **fig. 35**)!

Fig. 35

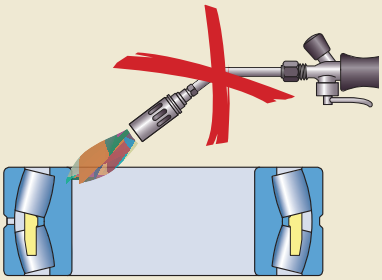
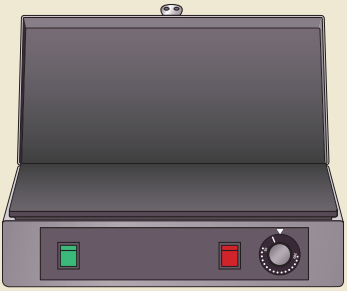


Fig. 36



Placas eléctricas de calentamiento

Para calentar rodamientos pequeños o soportes pequeños, se puede utilizar una placa eléctrica de calentamiento (→ **fig. 36**). Para proporcionar un calentamiento uniforme, los rodamientos se deben girar varias veces.

La placa eléctrica de calentamiento SKF es un dispositivo de calentamiento controlado por termostato con un rango de temperatura ajustable de 50 a 200 °C *(de 120 a 390 °F)*.

PRECAUCIÓN: Los rodamientos sellados nunca deben entrar en contacto directo con la placa de calentamiento. Coloque un aro entre la placa y el rodamiento.

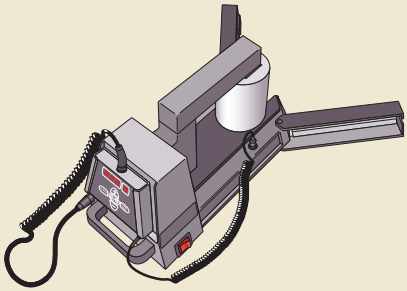
Calentadores de inducción

SKF recomienda utilizar un calentador eléctrico de inducción (→ **fig. 37**) para calentar los rodamientos. Los calentadores de inducción calientan los rodamientos de manera uniforme en un tiempo relativamente corto y son especialmente seguros porque el calentador y el yugo nunca se calientan.

Los calentadores de inducción magnetizan los rodamientos. Por lo tanto, es importante desmagnetizar el rodamiento antes de su instalación. Todos los calentadores de inducción SKF disponen de un dispositivo de desmagnetización automática. Están disponibles en varios tamaños para calentar rodamientos con un diámetro del agujero a partir de 20 mm.

Los calentadores de inducción se suministran con instrucciones de funcionamiento.

Fig. 37



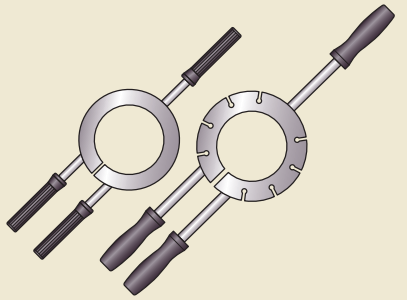
Aros de calentamiento de aluminio

Los aros de calentamiento de aluminio (→ **fig. 38**), desarrollados originalmente para el desmontaje de los aros interiores de los rodamientos de rodillos cilíndricos NU, NJ y NUP, también pueden utilizarse para el montaje.

Los aros de calentamiento de aluminio SKF están disponibles para los tamaños de rodamientos 204 a 252, 304 a 340 y 406 a 430.

Estos aros de calentamiento se suministran con instrucciones de funcionamiento.

Fig. 38

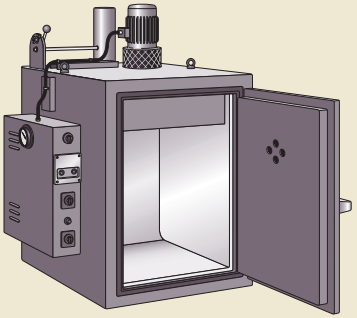


Gabinetes de calentamiento

Los gabinetes de calentamiento se utilizan, por lo general, cuando hay que calentar un gran número de rodamientos pequeños o una serie de rodamientos de diferentes tamaños, así como soportes pequeños.

Los gabinetes de calentamiento adecuados están equipados con un termostato ajustable y un ventilador (→ **fig. 39**). El ventilador hace circular el aire caliente para mantener una temperatura uniforme en todo el gabinete.

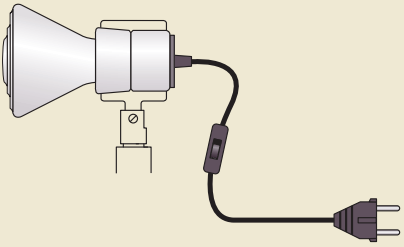
Fig. 39



Radiadores infrarrojos

Los radiadores infrarrojos ofrecen una forma limpia, segura y muy sencilla de calentar soportes pequeños de paredes finas. El radiador infrarrojo, encerrado en un tapón de rosca, se coloca en el agujero del soporte y se enciende. Normalmente, el calentamiento del soporte tarda unos pocos minutos, ya que el ajuste de interferencia entre el orificio del soporte y el rodamiento no suele ser muy ajustado (→ **fig. 40**). Una vez calentado, apagar el radiador, sacarlo del agujero del soporte y empujar rápidamente el rodamiento frío a su posición.

Fig. 40



Paneles calefactores

Los paneles calefactores flexibles son una solución excelente y segura para calentar los soportes sin instalaciones complicadas. Se fabrican con diversos materiales flexibles y están disponibles en varios tipos y tamaños (→ **fig. 41**).

Los paneles calefactores se adaptan a las necesidades particulares de calefacción, por ejemplo, pueden utilizarse para cubrir los soportes o colocarse en el orificio del soporte o como calentador de fondo plano.

Baños de aceite

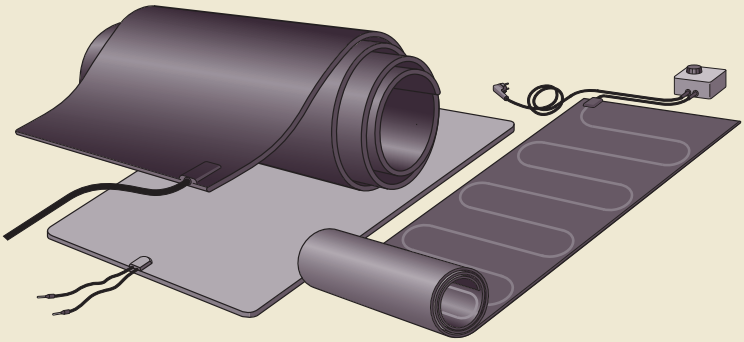
Hace años, los baños de aceite eran una forma habitual de calentar rodamientos y soportes pequeños. Hoy en día, este método ya no se recomienda por razones económicas, medioambientales y de seguridad. Sin embargo, en ocasiones no hay alternativa.

Cuando se calienta un rodamiento en un baño de aceite, hay que seguir algunas reglas básicas. Utilizar únicamente aceite limpio con un punto de inflamabilidad superior a 250 °C *(480 °F)* y un recipiente limpio con un termostato ajustable. Además, los rodamientos o los aros del rodamiento nunca deben entrar en contacto directo con el recipiente. Después de calentar el rodamiento y antes de empujarlo a su posición en el eje, dejar que el aceite adherido al rodamiento gotee y luego limpiar el exterior del rodamiento.

AVISO

No colocar rodamientos grandes y pesados sobre los paneles de calentamiento, ya que esto podría crear un peligro eléctrico y dañar los elementos de calentamiento.

Fig. 41



Herramientas de montaje SKF

Utilizar las herramientas de montaje adecuadas, aplicar los métodos de montaje correctos y seguir el procedimiento correcto ayudará a evitar las fallas prematuras de los rodamientos y a brindar un rendimiento adecuado. Por esa misma razón, la gama de productos de herramientas de montaje SKF incluye:

- herramientas mecánicas
- herramientas hidráulicas
- equipo de calentamiento
- guantes

En el **Apéndice J**, desde la **página 416**, se ofrece un resumen de las herramientas y productos de montaje SKF. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com.

Herramientas mecánicas

SKF suministra un surtido completo de herramientas mecánicas, como herramientas de montaje de rodamientos y llaves, para todas las necesidades de montaje habituales.

El kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF consta de 36 aros de impacto de diferentes tamaños para facilitar el montaje de más de 400 rodamientos diferentes (así como diversos sellos).

La gama de llaves SKF incluye llaves de gancho (incluidas llaves de gancho ajustables y especiales), llaves de impacto y cubos axiales para tuercas de fijación.

Tabla 2

Guía de selección de bombas hidráulicas e inyectores de aceite SKF

Presión máx. de funcionamiento	**Bomba** Designación	Descripción	Capacidad del depósito de aceite	Accesorio de conexión	Aplicaciones de montaje
MPa	–	–	cm^3	–	–
50	**TMJL 50**	Bomba de accionamiento manual	2700	G 1/4	Todas las tuercas HMV ..E
100	**729124**	Bomba de accionamiento manual	250	G 1/4	Tuercas hidráulicas ≤ HMV 54E
	TMJL 100	Bomba de accionamiento manual	800	G 1/4	Tuercas hidráulicas ≤ HMV 92E
150	**THAP 150**	Bomba neumática	Depósito por separado	G 3/4	Todas las tuercas HMV ..E, método de inyección de aceite
	728619 E	Bomba de accionamiento manual	2 550	G 1/4	Tuercas hidráulicas de todos los tamaños, método de inyección de aceite
300	**THAP 300E**	Bomba neumática	Depósito por separado	G 3/4	Grandes juntas de presión, método de inyección de aceite
	226400	Inyector de aceite de accionamiento manual	200	G 3/4	Método de inyección de aceite, adaptador y manguitos de desmontaje
	729101 B	Kit de inyección de aceite de accionamiento manual	200	Varios	Método de inyección de aceite, adaptador y manguitos de desmontaje
	TMJE 300	Juego de inyección de aceite de accionamiento manual	200	Varios	Método de inyección de aceite, adaptador y manguitos de desmontaje
400	**729101 E**	Kit de inyección de aceite de accionamiento manual	200	G 1/4	Método de inyección de aceite, juntas de alta presión

Herramientas hidráulicas

SKF ha desarrollado un amplio surtido de herramientas hidráulicas, que incluyen tuercas hidráulicas, bombas hidráulicas e inyectores de aceite, para facilitar la instalación de rodamientos.

Las tuercas hidráulicas SKF tienen las siguientes características:

- En la serie HMV ..E, desde un diámetro de rosca de 50 hasta 200 mm inclusive, tienen una rosca métrica según la norma ISO 965-3:1998, clase de tolerancia 6H.
- En la serie HMV ..E, desde un diámetro de rosca de 205 hasta 1000 mm inclusive, tienen una rosca métrica trapezoidal según la norma ISO 2901:1977, clase de tolerancia 7H.
- En la serie HMVC ..E, desde un diámetro de rosca de 1.967 hasta 12.5625 pulg. inclusive, tienen una rosca del tipo American National, Form NS, según la norma ANSI B1.1-1974, clase 3.
- En la serie HMVC ..E, desde un diámetro de rosca de 13.339 hasta 37.410 pulg. inclusive, tienen una rosca General Purpose ACME según la norma ANSI B 1.5-1957, clase 3G.

Las bombas hidráulicas y los inyectores de aceite SKF están disponibles en varios diseños y tamaños (**→ tabla 2**). SKF también ofrece una variedad de accesorios, como tubos de alta presión, conectores, mangueras y manómetros.

Equipo de calentamiento

El surtido de herramientas de calentamiento de SKF incluye calentadores de inducción, placas eléctricas de calentamiento y aros de calentamiento de aluminio, para todas las necesidades de montaje habituales.

Guantes

SKF suministra varios tipos de guantes para la manipulación segura de rodamientos y demás componentes. Hay cuatro tipos disponibles, cada uno de ellos adaptado a condiciones de trabajo específicas:

- guantes para trabajos especiales
- guantes resistentes al calor
- guantes para temperaturas extremas
- guantes resistentes al calor e impermeables al aceite

Instrucciones de montaje por tipo de rodamiento

Los métodos y herramientas de montaje mencionados en la sección *Preparativos antes del montaje*, desde la **página 46**, pueden utilizarse, en general, para todos los tipos de rodamientos. Sin embargo, debido al diseño, el tamaño o el peso, algunos tipos de rodamientos requieren un cuidado adicional o métodos de montaje específicos, entre ellos:

- rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos
- rodamientos de bolas de contacto angular con un aro interior de dos piezas
- rodamientos de bolas a rótula con bolas que sobresalen
- rodamientos de bolas a rótula sellados
- rodamientos de bolas a rótula con aro interior prolongado
- rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos y de agujas con una jaula
- rodamientos de varias hileras de rodillos cilíndricos y cónicos
- rodamientos de rodillos a rótula y de rodillos toroidales CARB

Montaje de rodamientos de bolas de contacto angular

Los rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular suelen ajustarse contra un segundo rodamiento en un soporte macizo, ya sea en una disposición de rodamientos cara a cara o espalda con espalda, para equilibrar las fuerzas opuestas.

Rodamientos independientes

Los rodamientos independientes de bolas de contacto angular están diseñados para disposiciones en las que solo se utiliza un rodamiento en cada posición. Aunque los anchos de los aros de los rodamientos tienen tolerancias muy ajustadas, estos rodamientos no son adecuados para su montaje inmediatamente adyacentes entre sí.

Las disposiciones de rodamientos ajustados con un rodamiento en cada posición se denominan disposiciones con fijación cruzada y se utilizan, por lo general, para ejes cortos. El juego o la precarga necesarios en estas disposiciones se consiguen durante el montaje desplazando axialmente un aro del rodamiento.

Ajuste de disposiciones de rodamientos cara a cara

Siempre que sea posible, SKF recomienda ajustar las disposiciones de los rodamientos cara a cara mientras el eje se encuentra en posición vertical, de modo que se apoye en el rodamiento inferior.

Medir la distancia desde la cara lateral del aro exterior a la cara lateral del soporte (**→ fig. 42**). Determinar el ancho necesario del reborde de la tapa lateral en función del juego axial necesario o de la precarga requerida durante el funcionamiento. Si es necesario, determinar el grosor necesario de las chapas calibradas que deben insertarse entre el soporte y la tapa lateral, o entre el aro exterior y la tapa lateral.

Colocar la tapa lateral final mecanizada (y las chapas calibradas) y volver a poner el rodamiento en posición horizontal.

Para las disposiciones de rodamientos con juego, verificar el resultado del ajuste midiendo el juego axial residual con un reloj comparador (**→ fig. 43**).

NOTA: Las mediciones directas con un reloj comparador no son adecuadas para los rodamientos precargados. En la práctica, se utilizan métodos indirectos para ajustar la precarga, por ejemplo, mediante ajustes, mediciones de desplazamiento o control del momento de fricción. Para obtener ayuda en el cálculo de la precarga, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

NOTA: Durante el funcionamiento, el juego suele reducirse (aumenta la precarga) como resultado del aumento de las temperaturas, de las diferencias de temperatura entre los aros interior y exterior, y de otros factores como las velocidades y las cargas.

Fig. 42

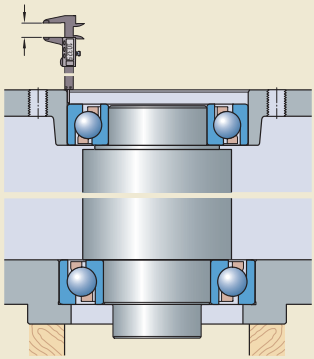
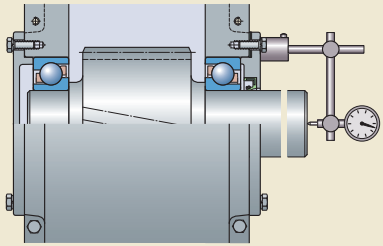


Fig. 43



Ajuste de disposiciones de rodamientos espalda con espalda

Al ajustar las disposiciones de rodamientos espalda con espalda, apretar la tuerca de fijación o los tornillos de la placa lateral, mientras se gira por momentos el eje (→ **fig. 44**).

En las disposiciones de rodamientos con juego, medir el juego axial residual con un reloj comparador (→ **fig. 45**). Si el juego residual es demasiado grande, apretar la tuerca de fijación o los tornillos de la placa lateral. Si el juego residual es demasiado pequeño, desmontar los rodamientos y empezar de nuevo.

NOTA: Las mediciones directas con un reloj comparador no son adecuadas para los rodamientos precargados. En la práctica, se utilizan métodos indirectos para ajustar la precarga, por ejemplo, mediante ajustes, mediciones de desplazamiento o control del momento de fricción. Para obtener ayuda con los cálculos de precarga, comuníquese con el Departamento de Ingenería de Aplicaciones de SKF.

Si se utiliza un manguito distanciador entre dos aros interiores del rodamiento (→ **fig. 46**), el juego o la precarga necesarios pueden ajustarse rectificando el ancho del manguito distanciador según corresponda.

NOTA: Durante el funcionamiento, el juego suele reducirse (aumenta la precarga) como resultado del aumento de las temperaturas y de las diferencias de temperatura entre los aros interior y exterior, y de otros factores como las velocidades y las cargas.

Rodamientos para emparejamiento universal y conjuntos de rodamientos emparejados

Cuando se montan dos o más rodamientos de bolas de contacto angular adyacentes entre sí, deben utilizarse rodamientos universales o un conjunto de rodamientos emparejados. Estos rodamientos se fabrican específicamente para que, al montarlos inmediatamente adyacentes entre sí, se obtenga un determinado juego interno o precarga y/o una distribución uniforme de la carga sin necesidad de utilizar chapas calibradas ni otros dispositivos similares.

Fig. 44

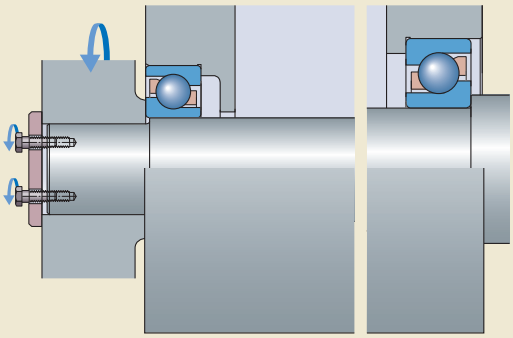


Fig. 45

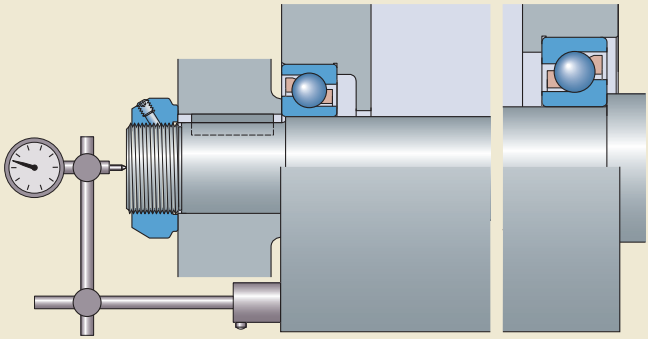
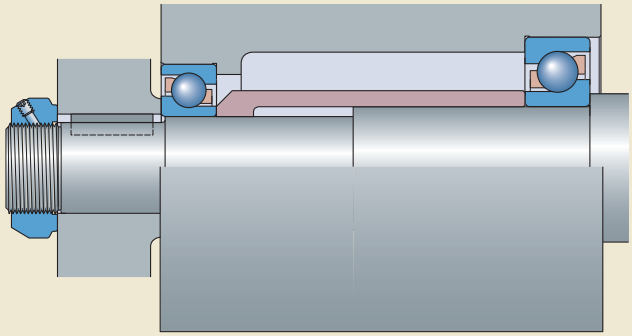


Fig. 46



Rodamientos de bolas de contacto angular con un aro interior de dos piezas

Para los rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular con aro interior de dos piezas y rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto, debe seguirse una secuencia de montaje específica (→ **fig. 47**).

En primer lugar, colocar la mitad del aro interior interno en su posición (**1**). A continuación, colocar el aro exterior con la(s) bola(s) y la jaula en la mitad del aro interior montada (**2**). Por último, se debe introducir la mitad del aro interior externo contra la mitad del aro interior montada (**3**).

Los aros interiores pequeños pueden montarse con una herramienta de montaje de rodamientos y un martillo de poliuretano; los rodamientos más grandes deben calentarse antes del montaje.

NOTA: Los rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto SKF Explorer llevan un número de serie en la cara lateral del aro exterior y en ambas mitades del aro interior (→ **fig. 48**). El asterisco que aparece en una de las caras laterales del aro exterior y en una de las mitades del aro interior permite montar el rodamiento en la misma posición en la que se fabricó originalmente.

Fig. 48

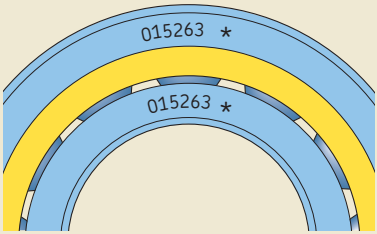
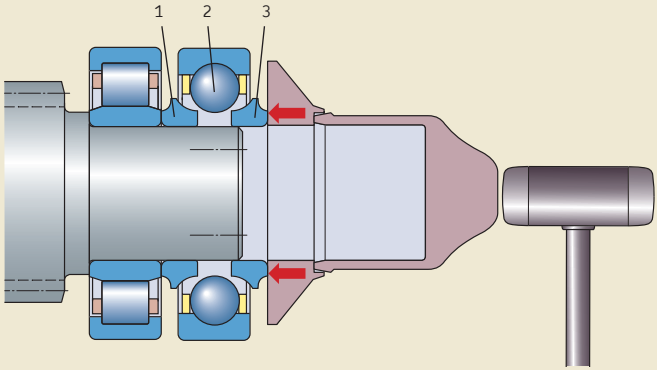


Fig. 47



Montaje de rodamientos de bolas a rótula

Rodamientos de diseño básico con bolas que sobresalen

Las bolas de algunos rodamientos de bolas a rótula de las series 12 (d ≥ 120 mm) y 13 (d ≥ 90 mm) sobresalen por los laterales del rodamiento. Esta característica de diseño se debe tener en cuenta durante el montaje de estos rodamientos.

Para los rodamientos con agujero cilíndrico, SKF recomienda el montaje en caliente. Si el rodamiento se va a montar en frío, el anillo de montaje intermedio de la herramienta de montaje debe estar rebajado al menos 3 mm para evitar que se dañen las bolas (→ **fig. 49**).

Si el rodamiento tiene un agujero cónico, SKF recomienda el método de calado de rodamientos SKF Drive-up (→ **página 57**), junto con un anillo distanciador o un espaciador intermedio (→ **fig. 50**).

Rodamientos sellados con agujero cónico

Cuando se monta un rodamiento de bolas a rótula sellado en un manguito de fijación, utilizar un manguito de fijación de la serie H 3 .. E. Estos manguitos de fijación están equipados con una tuerca de fijación KMFE, que tiene un rebaje en la cara lateral para evitar que se dañe el sello (→ **fig. 51**).

Fig. 49

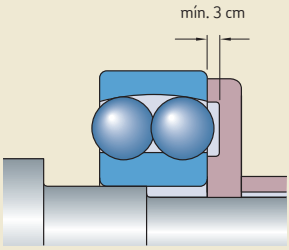


Fig. 50

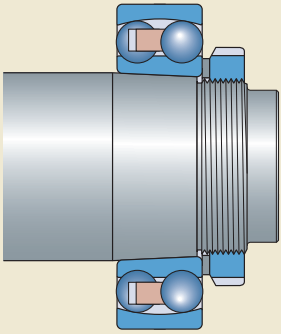


Fig. 51

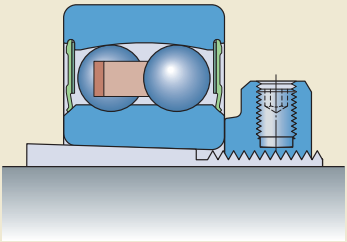
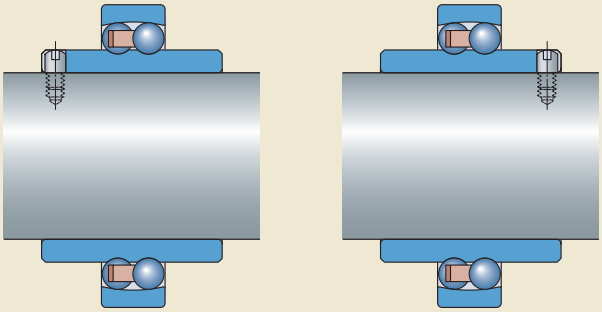


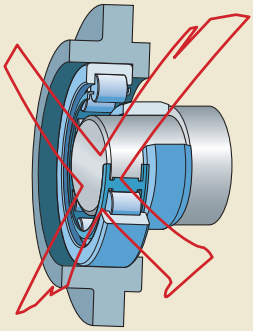
Fig. 52



Rodamientos con aro interior prolongado

Los rodamientos a bolas a rótula con aro interior prolongado se sitúan axialmente en el eje mediante un pasador o un tornillo con reborde. Cuando se utilizan dos de estos rodamientos para soportar un eje, deben colocarse de modo que las ranuras de los aros interiores queden enfrentadas u opuestas entre sí (→ **fig. 52**). De no ser así, el eje estará situado axialmente en un solo sentido.

Fig. 53



Montaje de rodamientos de rodillos cilíndricos y de agujas

Rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos y de agujas con una jaula

Muchos rodamientos de rodillos cilíndricos y de agujas son desarmables. Para los rodamientos de rodillos cilíndricos de diseño NU, por ejemplo, el aro exterior con la corona de rodillos puede montarse independientemente del aro interior, lo que simplifica el montaje.

Cuando se monta un aro interior con o sin una corona de rodillos, SKF recomienda el montaje con calor. El método utilizado para aplicar calor depende del tamaño del aro (→ *Montaje en caliente*, desde la **página 68**).

PRECAUCIÓN: Aplicar aceite o grasa a los rodillos y caminos de rodadura antes del montaje. Girar el eje o el soporte durante el montaje. Asegurarse de que la corona de rodillos no esté torcida durante el montaje (→ **fig. 53**) o se podrían dañar los rodillos y los caminos de rodadura.

Para evitar la desviación durante el montaje, SKF recomienda lo siguiente:

- utilizar un manguito de montaje para los rodamientos montados en ejes horizontales (→ **fig. 54**)
- utilizar un manguito de montaje y varillas guía fijadas al soporte para los rodamientos montados en ejes largos y cuando el montaje se realiza en posición vertical (→ **fig. 55**)

Cuando se utiliza un manguito de montaje, el diámetro exterior del manguito debe ser el mismo que el diámetro del camino de rodadura del aro interior y debe mecanizarse según la clase de tolerancia d10 para los rodamientos de rodillos cilíndricos y según la tolerancia 0/-0,025 mm para los rodamientos de agujas.

PRECAUCIÓN: Cuando se utilice un calentador de inducción, asegurarse de que el aro esté desmagnetizado antes de retirarlo del calentador. Todos los calentadores de inducción SKF disponen de una función de desmagnetización automática.

Cuando se utilice un aro de calentamiento de aluminio (→ **fig. 56**), recubrir el camino de rodadura del aro interior con aceite resistente a la oxidación, por ejemplo, aceite lubricante CLP68, antes de calentar el aro, y eliminar el aceite después de la instalación.

Fig. 54

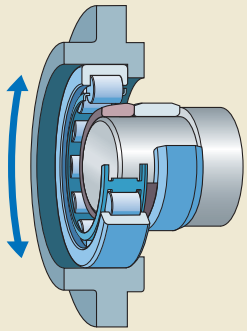


Fig. 55

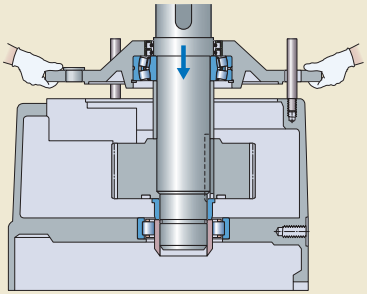
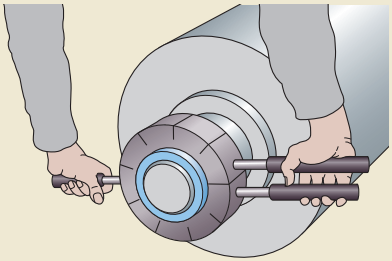


Fig. 56



Rodamientos de cuatro hileras de rodillos cilíndricos

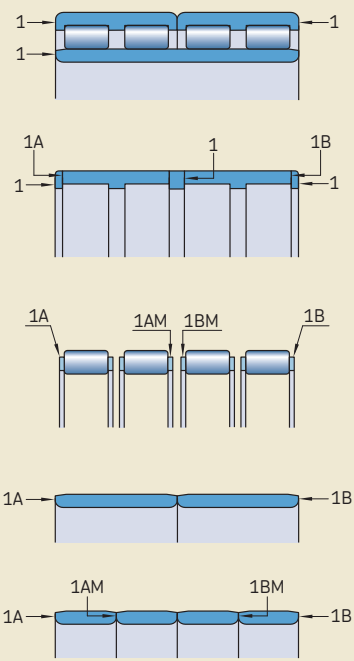
Los rodamientos de cuatro hileras de rodillos cilíndricos se utilizan normalmente en laminadoras u otras aplicaciones pesadas. Tienen un diseño desarmable con un aro interior móvil y se fabrican en muchos diseños, que difieren básicamente en el número de aros interiores y exteriores, así como en el número de pestañas sueltas o integradas en el aro exterior.

SKF recomienda montar (y desmontar) el (los) aro(s) interior(es) utilizando un calentador de inducción fijo especial SKF y un manguito de montaje especialmente fabricado (→ *Montaje de un rodamiento de cuatro hileras de rodillos cilíndricos utilizando un manguito de montaje especial*).

Durante el montaje, cada uno de los componentes del rodamiento debe montarse en el orden correcto (→ **fig. 57**). Además, todos los componentes del rodamiento están marcados con el mismo número de serie para que, en caso de montar varios rodamientos al mismo tiempo, no haya riesgo de mezclar los componentes. Los aros interiores y los pares de aros interiores son totalmente intercambiables y no tienen necesariamente el mismo número de serie que las demás piezas.

Las caras laterales de los aros exteriores están divididas en cuatro zonas marcadas del I al IV. En cada rodamiento, la posición de la zona I también está identificada por una línea que atraviesa la superficie externa del aro exterior. Cuando se monta el rodamiento por primera vez, por lo general, la zona I debe colocarse en la zona de carga. Según las condiciones de funcionamiento, los aros exteriores se giran normalmente 90° después de un determinado período de servicio, de modo que una parte diferente de los aros exteriores del rodamiento queda situada en la zona de carga, lo que prolonga la vida útil del rodamiento.

Fig. 57



Montaje de un rodamiento de cuatro hileras de rodillos cilíndricos con un manguito de montaje especial

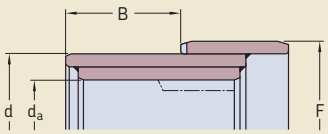
La **fig. 58** muestra el uso de un manguito de montaje especial, utilizado normalmente para un rodamiento de cuatro hileras de rodillos cilíndricos con un aro interior y un aro exterior de dos piezas.

El diámetro exterior del manguito es escalonado. El diámetro exterior menor corresponde al diámetro del agujero del aro interior. El diámetro mayor corresponde al diámetro del camino de rodadura del aro interior. El ancho de ambos asientos es el mismo que el del (de los) aro(s) interior(es). El diámetro exterior menor es para el montaje del (de los) aro(s) interior(es), el diámetro exterior mayor es para el montaje del (de los) aro(s) exterior(es) cuando se montan) coronas de rodillos.

El procedimiento de montaje de los aros interiores es el siguiente (→ **fig. 59**):

1 Montar cualquier pieza que vaya entre el aro interior y el reborde del eje.
2 Colocar el primer aro en el manguito.
3 Colocar el manguito (con el aro interior) en el diámetro de soporte del cuello del rodillo.
4 Colocar el calentador y calentar el aro interior a la temperatura requerida.
5 Introducir el aro interior hasta su posición contra su resalte.
6 Seguir presionando hasta que el aro se haya enfriado.

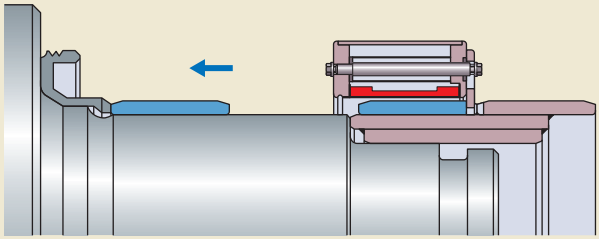
Fig. 58



B = ancho del (de los) aro(s) interior(es)
F = diámetro del camino de rodadura
d = agujero del aro interior
d_a = diámetro del soporte del manguito

7 Retirar el manguito.
8 Montar el segundo aro interior, repitiendo los **pasos 2** a **7**.

Fig. 59



El procedimiento de montaje de los aros exteriores es el siguiente (→ **fig. 60**):

1. Lubricar las coronas de rodillos y los caminos de rodadura con el lubricante que se va a utilizar.
2. Colocar el primer conjunto de rodillos, que debe montarse en el soporte junto con el segundo conjunto, en el diámetro grande del camino de rodadura del manguito de montaje.
3. Montar los sellos, si los hay, en la tapa interior antes de empujarla contra el anillo de sellado.
4. Lubricar los labios de los sellos con cuidado de no dañarlos.
5. Colocar el manguito en el eje y empujar suavemente hasta que el conjunto completo esté en posición. Utilizar equipos de elevación con suspensión de muelle para facilitar el posicionamiento del conjunto de rodamientos en el eje.
6. Para las aplicaciones lubricadas con grasa, llenar completamente la disposición de rodamientos con grasa.
7. Montar los sellos exteriores y fijar el rodamiento en el eje.

Montaje de rodamientos de rodillos cónicos

Rodamientos de una hilera de rodillos cónicos

Un rodamiento de una hilera de rodillos cónicos suele ajustarse contra un segundo rodamiento, ya sea en una disposición de rodamientos cara a cara o espalda con espalda, para equilibrar las fuerzas opuestas. El juego o la precarga en esta disposición de rodamientos se consigue durante el montaje desplazando axialmente un aro del rodamiento.

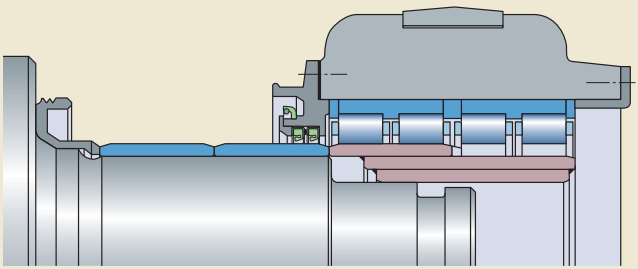
NOTA: Durante el funcionamiento, el juego suele reducirse (aumenta la precarga) como resultado del aumento de las temperaturas, de las diferencias de temperatura entre los aros interior y exterior, y de otros factores como las velocidades y las cargas.

PRECAUCIÓN: Durante el ajuste, es importante girar el eje varias veces en ambos sentidos para asegurarse de que haya un contacto adecuado entre los extremos de los rodillos y las pestañas guía. Si no hay un contacto adecuado, el juego/precarga resultante será incorrecto, lo que provocará daños prematuros en el rodamiento y, finalmente, su fallo.

Ajuste de una disposición de rodamientos cara a cara (giro del aro interior)

La **fig. 61** muestra una disposición de rodamientos típica para un eje intermedio en una caja de engranajes dividida, utilizando rodamientos de rodillos cónicos montados cara a cara. El juego

Fig. 60



o la precarga en esta disposición se consigue desplazando el aro exterior del rodamiento en el lado izquierdo a través de la pestaña de centrado de la tapa. El siguiente procedimiento es sencillo, confiable y bien probado.

Preparación:

1 Utilizar los métodos de montaje adecuados para montar los aros interiores (conos) con la corona de rodillos en el eje. Empujar los aros exteriores (copas) sobre las coronas de rodillos, y colocar el conjunto del eje en la caja de engranajes. Atornillar la tapa en el lado sin ajuste de la caja y girar la caja sobre su lado. Es necesario un dispositivo de sujeción adecuado que permita el giro del eje.

Determinar la longitud necesaria de la pestaña de centrado:

2 Girar el eje con la mano, mientras se presiona el aro exterior del rodamiento superior. Todos los rodillos de los rodamientos tienen que hacer contacto con la pestaña guía del aro interior. Esto se consigue con unas pocas revoluciones del eje.

3 Colocar la tapa. La pestaña de centrado de la tapa debe ser suficientemente larga (**→ fig. 62**, izquierda) para la posición final del aro exterior, o hay que utilizar un espaciador (**→ fig. 62**, derecha). Debe haber un espacio entre la tapa y la caja (**→ fig. 62**, dimensión x).

4 Atornillar la tapa mientras se gira el eje hasta que se produzca un aumento repentino del momento de fricción.

5 Medir el espacio entre la tapa y la caja (dimensión x).

6 Determinar la longitud necesaria de la pestaña de centrado (o espaciador) o el grosor de la chapa calibrada:

Longitud de la pestaña de centrado o el espaciador

$a_f = a_i - x + s$ para juego

$a_f = a_i - x - t$ para precarga

Grosor de las chapas calibradas

$b_f = x + s$ para juego

$b_f = x - t$ para precarga

donde

a_i = longitud inicial de la pestaña de centrado o del espaciador

a_f = longitud final de la pestaña de centrado o del espaciador

b_f = grosor final de las chapas calibradas

x = juego medido entre la tapa y la caja de engranajes

s = valor del juego (valor absoluto)

t = valor de la precarga (valor absoluto)

Montaje final:

7 Mecanizar la pestaña de centrado o el espaciador a la longitud requerida. Como alternativa, introducir chapas calibradas entre la tapa y la caja.

8 Atornillar la tapa.

Fig. 61

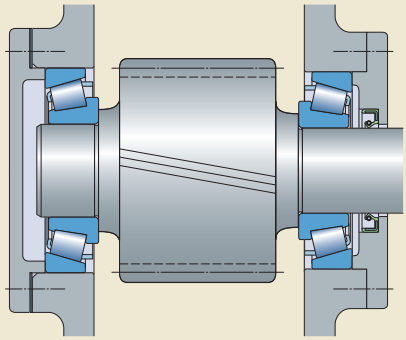
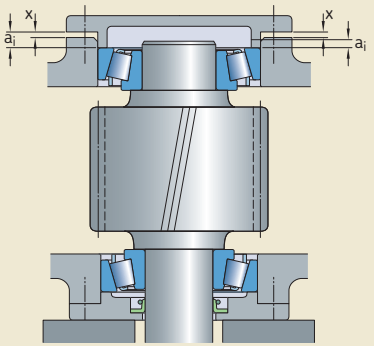


Fig. 62



NOTA: Para la precarga, no se tiene en cuenta la resiliencia del soporte. En caso necesario, consultar la publicación de SKF *Rodamientos en cajas de engranajes industriales*.

Ajuste de una disposición de rodamientos espalda con espalda con una tuerca de ajuste (giro del aro interior)

La **fig. 63** muestra una disposición de rodamientos típica, utilizando rodamientos de rodillos cónicos montados espalda con espalda. El juego o la precarga en esta disposición se consigue moviendo el aro interior del rodamiento en el lado izquierdo al apretar la tuerca de ajuste. Para las disposiciones que requieren una precarga axial, debe indicarse en el plano de montaje el valor del ángulo de apriete o el valor del par de apriete.

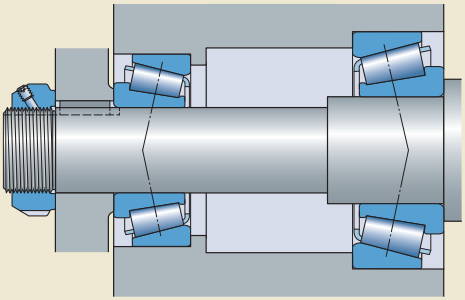
Preparación:
1. Utilizar los métodos de montaje adecuados para montar los aros exteriores (copas) en sus asientos del soporte y el aro interior (cono) interno con la corona de rodillos en el eje. Es necesario un dispositivo de sujeción adecuado, que permita el giro del eje.
2. Acoplar el eje y el soporte premontados. Puede ser necesario un dispositivo para mantener el eje en su sitio.
3. Montar el aro interior externo (cono).
4. Montar cualquier componente entre el cono exterior y la tuerca de ajuste.

Ajuste del juego:
5. Medir el juego axial con un reloj comparador. Para ello, colocar la punta del reloj comparador contra el extremo del eje, y empujar el eje firmemente en un sentido mientras se gira varias veces. Ajustar la lectura a cero. A continuación, empujar el eje en el sentido opuesto y leer el desplazamiento axial medido.
6. Apretar lentamente la tuerca de ajuste. Los rodamientos con un ajuste apretado en el eje se ajustan progresivamente hasta alcanzar el valor ajustado. Para ello, medir el juego varias veces.

PRECAUCIÓN: Realizar el ajuste en pequeños pasos. Si se quita demasiado juego de la disposición de rodamientos, hay que retirar el aro interior y ajustarlo de nuevo, lo que puede resultar difícil y requerir mucho tiempo.

Ajuste de la precarga:
7. Apretar la tuerca de ajuste lentamente mientras se gira el eje hasta que se produzca un aumento repentino del momento de fricción.
8. Seguir apretando la tuerca lentamente hasta alcanzar el valor de par o el ángulo de apriete establecido.

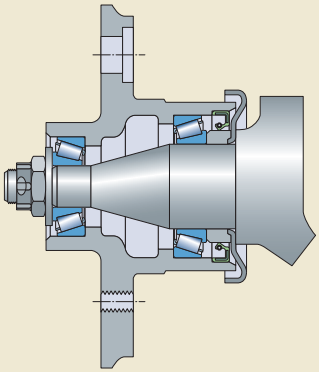
Fig. 63



Ajuste de la disposición de rodamientos espalda con espalda (aplicación en ruedas de vehículos: dos rodamientos de rodillos cónicos sin espaciador)

Los diseños de los cubos de rueda difieren de un fabricante a otro. Sin embargo, los procedimientos correctos para la instalación de rodamientos y sellos, así como el montaje del cubo de rueda, siguen siendo básicamente los mismos. La **fig. 64** muestra una disposición de rodamientos típica. Como se trata de una aplicación de giro del aro exterior, en la mayoría de los casos los aros exteriores (copas) tienen un ajuste apretado, mientras que los aros interiores (conos) pueden tener un ajuste flojo en el eje. El juego o la precarga en esta disposición se consigue moviendo el aro interior del rodamiento externo al apretar la tuerca de ajuste.

Fig. 64



PRECAUCIÓN: Sustituir el sello cada vez que se extraiga el cubo del eje.

1 Introducir ambos aros exteriores (copas) a presión en el cubo mediante una herramienta adecuada, como un manguito o una prensa vertical (→ **fig. 65**), teniendo cuidado de no dañar los caminos de rodadura. Asegurarse de que la cara lateral de cada aro exterior se apoye completamente en el reborde del cubo.
2 Instalar el sello o los componentes del sello correspondientes en el cubo mediante una herramienta de instalación de sellos adecuada (→ **fig. 66**). Asegurarse de que el sello esté recto y que haya tocado completamente el fondo.
3 Colocar los componentes del sello o los espaciadores en el lado interno del eje.
4 Preparar el aro interior del rodamiento interno:
   – Para aplicaciones lubricadas con grasa, aplicar grasa al conjunto de rodillos y asegurarse de llenar el espacio entre el camino de rodadura del aro interior y la jaula.
   – Para los rodamientos lubricados con aceite, recubrir completamente el aro interior con una fina capa de aceite.
5 Introducir el aro interior (cono) interno en el eje, mediante una herramienta adecuada, como un manguito, teniendo cuidado de no aplicar fuerzas sobre la jaula y los rodillos. Asegurarse de que la cara lateral del aro interior se apoye completamente en el aro o el resalte del eje.

Fig. 65

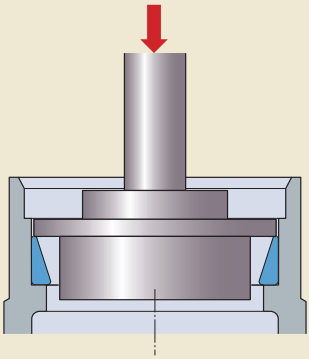
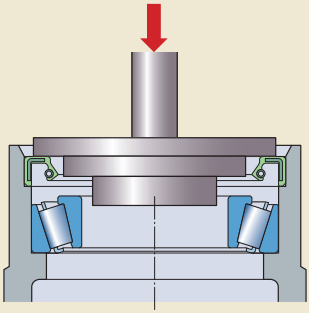


Fig. 66

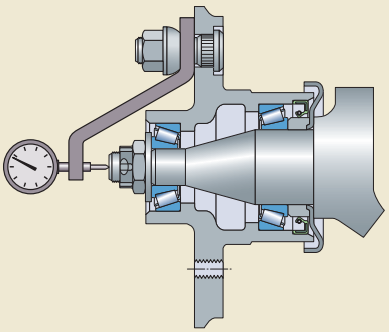


6 Instalar el conjunto del cubo sobre el eje, asegurándose de que el agujero del cubo y el centro del eje estén alineados. Utilizar un soporte mecánico para facilitar esta operación y evitar dañar el eje, las roscas y, en especial, el sello.
7 Preparar el aro interior del rodamiento externo de la misma manera que el aro interior del rodamiento interno.
8 Introducir el aro interior externo con la corona de rodillos a presión sobre el eje mediante una herramienta adecuada, como por ejemplo un manguito, teniendo cuidado de no aplicar fuerzas sobre la jaula y los rodillos.

PRECAUCIÓN: Girar el eje varias veces en ambos sentidos para asegurarse de que haya un contacto adecuado entre los extremos de los rodillos y las pestañas guía. Si no hay un contacto adecuado, el juego resultante será incorrecto, lo que provocará daños prematuros en el rodamiento y, finalmente, su fallo.

9 Colocar la(s) arandela(s) y la tuerca (almenada) de ajuste. Apretar la tuerca de ajuste con una llave dinamométrica con el par de apriete adecuado, tal como se describe en el manual de servicio o de mantenimiento del vehículo. Como alternativa, en el caso de disposiciones que requieran juego axial, apretar la tuerca de ajuste lentamente hasta que el momento de fricción del rodamiento aumente rápidamente. Aflojar la tuerca girándola aproximadamente 1/12 de vuelta (30°) hasta que el rodamiento se sienta "libre".
10 Retirar el soporte del cubo.
11 Comprobar que el rodamiento gire libremente. Si se desea, verificar el juego axial (juego final) en la disposición de los rodamientos utilizando un reloj comparador como se indica a continuación:
12 Fijar el reloj comparador (→ **fig. 67**), o utilizar un reloj comparador con base magnética fijado en la parte inferior del cubo o del tambor de freno.

Fig. 67



13 Ajustar el reloj comparador de manera que su émbolo o aguja quede contra el extremo del husillo con su línea de acción aproximadamente paralela al eje del husillo. (En el caso de los cubos de aluminio, fijar la base magnética del comparador en el extremo del husillo con el émbolo contra el cubo o el tambor de freno).
14 Fijar el reloj comparador en cero.
15 Sujetar el conjunto de la rueda en las posiciones de las 3 y las 9 en punto, y empujarlo hacia adelante y hacia atrás. Leer el juego axial como el movimiento total del comparador.
16 Montar la tapa y realizar una prueba de funcionamiento.

Rodamientos de dos hileras y varias hileras de rodillos cónicos

Los rodamientos de dos y cuatro hileras de rodillos cónicos se fabrican en muchos diseños, que difieren básicamente en el número de aros exteriores, así como en el número de anillos distanciadores entre los aros interiores y exteriores.

Al montar estos rodamientos, cada uno de los componentes del rodamiento debe montarse en el orden correcto. Las piezas que van juntas están marcadas con letras (→ **fig. 68**). Además, todos los componentes del rodamiento están marcados con el mismo número de serie para evitar que, en caso de montar varios rodamientos al mismo tiempo, se mezclen los componentes.

Las caras laterales de los aros exteriores están divididas en cuatro zonas marcadas del I al IV (→ **fig. 69**). En cada rodamiento, la posición de la zona I también está identificada por una línea que atraviesa la superficie externa del aro exterior. Cuando se monta el rodamiento por primera vez, por lo general, la zona I debe colocarse en la zona de carga. Según las condiciones de funcionamiento, los aros exteriores se giran normalmente 90° después de un determinado período de servicio, de modo que una parte diferente de los aros exteriores del rodamiento queda situada en la zona de carga, y así se prolonga la vida útil del rodamiento.

Para obtener instrucciones de montaje detalladas, consultar la publicación *Rodamientos de cuatro hileras de rodillos cónicos SKF Explorer, Instrucciones de montaje y mantenimiento*.

Fig. 68

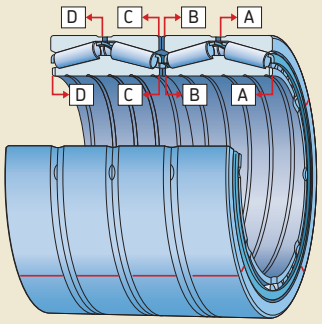
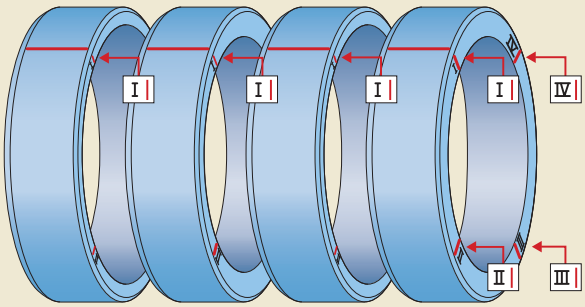


Fig. 69



Montaje de rodamientos de rodillos a rótula y de rodillos toroidales CARB

Debido al diseño de los rodamientos de rodillos a rótula y de rodillos toroidales CARB, los aros y el conjunto de rodillos pueden desplazarse axialmente de su posición normal durante la manipulación. Por esta razón, SKF recomienda montar los rodamientos de rodillos a rótula y los rodamientos de rodillos toroidales CARB cuando el eje o el soporte se encuentren en posición horizontal y girar el aro interior antes del montaje, siempre que sea posible.

Al montar los rodamientos de rodillos a rótula y los rodamientos de rodillos toroidales CARB (especialmente los grandes y pesados) cuando el eje o el soporte se encuentran en posición vertical, el conjunto de rodillos junto con el aro interior o el aro exterior se moverán hacia abajo hasta que desaparezca todo el juego. A menos que se mantenga el juego adecuado durante la instalación y después de esta, las fuerzas de dilatación o compresión resultantes de un ajuste de interferencia en el aro interior o exterior pueden crear una precarga.

PRECAUCIÓN: Esta precarga puede causar mellas en los caminos de rodadura y/o impedir que el rodamiento gire por completo.

Para evitar que se produzca esta condición de precarga durante el montaje vertical, utilizar una herramienta de manipulación de rodamientos o un dispositivo especial que mantenga los componentes del rodamiento en posición central (→ **fig. 70**).

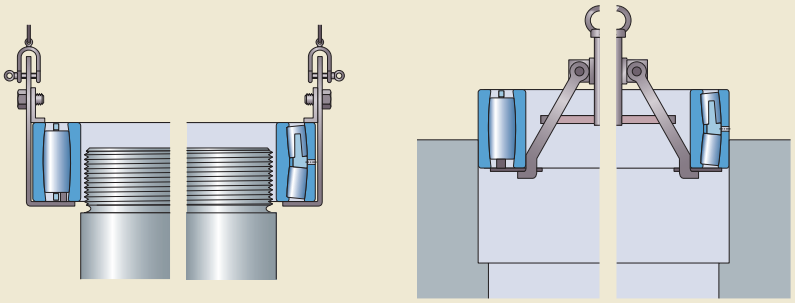
Rodamientos de rodillos a rótula sellados

Los rodamientos de rodillos a rótula sellados no suelen necesitar relubricación. Sin embargo, cuando las condiciones de funcionamiento son rigurosas, puede ser necesario relubricar. Los rodamientos del rango de tamaño inferior (d < 100 mm) disponen de una banda de polímero protectora que cubre la ranura de lubricación y los agujeros del aro exterior. Si está previsto relubricar, la banda de polímero debe retirarse de estos rodamientos antes del montaje (→ **fig. 71**).

NOTA: Para obtener más información sobre relubricación, consulte la sección *Relubricación*, desde la **página 192**.

Los rodamientos de rodillos a rótula sellados con agujero cónico se montan, preferentemente, con el método de calado de rodamientos SKF Drive-up (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, desde la **página 57**).

Fig. 70



Rodamientos de rodillos toroidales CARB

Tener en cuenta el desplazamiento axial

Los rodamientos de rodillos toroidales CARB pueden soportar la dilatación axial del eje dentro del rodamiento. Para asegurarse de que estos desplazamientos axiales del eje con respecto al soporte puedan tener lugar, es necesario proporcionar un espacio adecuado a ambos lados del rodamiento (→ **fig. 72** y véase *Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo*, **página 38**).

Normalmente, los aros del rodamiento se montan de forma que no queden desplazados entre sí. Sin embargo, si se prevén cambios térmicos considerables en la longitud del eje, el aro interior debe montarse desplazado con respecto al aro exterior, en el sentido opuesto a la dilatación térmica prevista.

Los rodamientos con agujero cónico pueden montarse con manguitos de fijación y/o tuercas de fijación modificados para evitar que el dispositivo de fijación roce la jaula adyacente. Si se utilizan tuercas de fijación estándares, puede ser necesario un anillo distanciador entre el aro interior del rodamiento y la arandela de fijación.

El método de calado de rodamientos SKF Drive-up es especialmente adecuado para montar rodamientos de rodillos toroidales CARB en un agujero cónico (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, desde la **página 57**).

Si la información sobre el espacio libre necesario, la posición de desplazamiento admisible y las dimensiones de los espaciadores (si corresponde) no figuran en el plano de la disposición, visite www.skf.com/bearings.

Rodamientos con anillo de retención

Para los rodamientos de rodillos toroidales CARB completamente llenos de rodillos que tienen un anillo de retención en el aro exterior y necesitan soportar desplazamientos axiales relativamente grandes, asegurarse de que el aro interior pueda ser desplazado fuera del anillo de retención (→ **fig. 73**).

Fig. 71

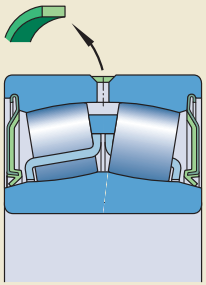


Fig. 72

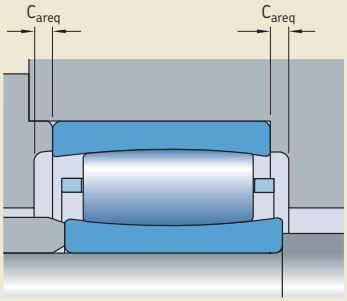
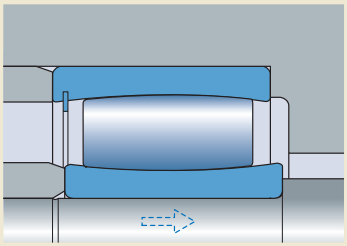


Fig. 73





Montaje de unidades de rodamientos

3

Generalidades 94

Qué recordar 94

Preparativos antes del montaje 101

Herramientas adecuadas 102

Montaje de unidades de rodamientos de bolas con fijación con prisionero 104
Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de fundición o de material compuesto 104
Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado 105

Montaje de unidades de rodamientos de bolas con un anillo de fijación excéntrico 106
Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de fundición o de material compuesto 106
Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado 108

Montaje de unidades de rodamientos de bolas con un manguito de fijación 109

Montaje de unidades de rodamientos de bolas SKF ConCentra 111
Unidades de soportes de pie para rodamientos de bolas SKF ConCentra . . . 111
Unidades con pestaña para rodamientos de bolas SKF ConCentra 113

Montaje de unidades de rodamientos de rodillos SKF ConCentra 114
Unidades de soportes de pie para rodamientos de rodillos SKF ConCentra . 114
Unidades con pestaña para rodamientos de rodillos SKF ConCentra 117

Montaje de unidades de rodamientos de rodillos con un anillo de fijación cilíndrico 119

Instalación de unidades de rodamientos de bolas 121

Generalidades

Las unidades de rodamientos SKF son unidades listas para montar y listas para usar. Estas unidades constan, por lo general, de un rodamiento de bolas o de rodillos de inserción y de un soporte fabricado de fundición gris, chapa de acero o material compuesto. Para lograr la máxima vida útil, deben instalarse correctamente. El uso de procedimientos incorrectos o de herramientas inadecuadas puede reducir la vida útil y dañar las unidades de rodamiento. Por ser componentes de precisión, es necesario manipularlos con cuidado durante el montaje.

Para obtener información adicional sobre los productos y herramientas de mantenimiento y lubricación de SKF, visite www.skf.com y www.mapro.skf.com.

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

Qué recordar

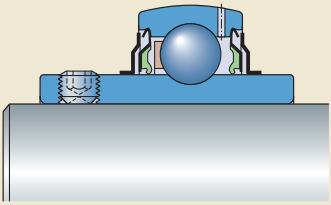
Las unidades de rodamientos SKF están disponibles en tres estilos de soporte diferentes y, según el tipo de rodamiento y el tamaño de la unidad, se pueden elegir varios métodos para fijar la unidad en el eje. Los métodos más utilizados son (→ **fig. 1**):

- fijación con prisioneros (**a**)
- anillo de fijación excéntrico con un solo prisionero (**b**)
- fijación mediante manguito de fijación (**c**)
- mecanismo de fijación SKF ConCentra (**d**, **e**)
- fijación con anillo cilíndrico con dos prisioneros (**f**)

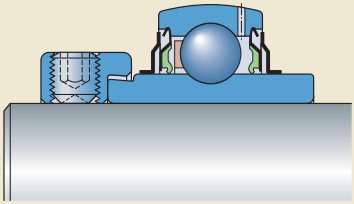
Al seleccionar una unidad de repuesto, hay que hacer coincidir los siguientes elementos del rodamiento de bolas o de rodillos original:

- el método de fijación del eje (→ **fig. 1** y **tabla 1**, **página 96**)
- el estilo del soporte (→ **figs. 2a** a **2t**, desde la **página 95** y **tabla 2** en la **página 100**)
- el método de sellado (→ **tabla 1** de la **página 96**)
- el aro interior que puede prolongarse en uno o ambos lados (unidades de rodamientos de bolas)
- la posición fija o libre (unidades de rodamientos de rodillos)

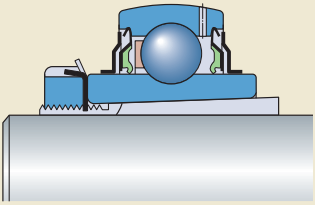
Fig. 1



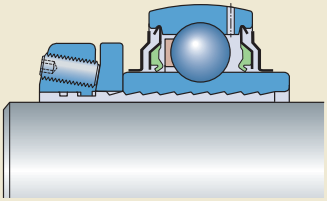
a) Fijación con prisioneros



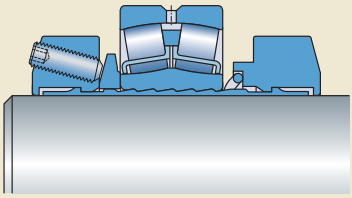
b) Anillo de fijación excéntrico con un solo prisionero



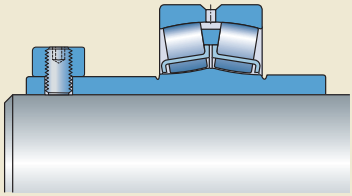
c) Fijación mediante manguito de fijación



d) Unidades de rodamientos de bolas, fijación SKF ConCentra



e) Unidades de rodamientos de rodillos, fijación SKF ConCentra



f) Fijación con anillo cilíndrico con dos prisioneros

Tabla 1

Dispositivos de fijación del eje, disposiciones y sellos

Sufijo de designación	Figura[1)]	Descripción	Designación de unidad de rodamiento completa (ejemplo)
		Dispositivo de fijación	
–	1f	Anillo de fijación cilíndrico con prisioneros	SYR 2.7/16
FM	1b	Anillo de fijación excéntrico con un solo prisionero	TU 35 FM
KF	1c	Manguito de fijación	SYJ 65 KF
N	1e	Mecanismo de fijación SKF ConCentra	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Dos prisioneros en el aro interior	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Dos prisioneros en el aro interior	FYKC 30 NTR
PF	1d	Mecanismo de fijación SKF ConCentra	SY 45 PF
RM	1a	Dos prisioneros en el aro interior	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Dos prisioneros en el aro interior	SYFJ 45 TF
THR	1a	Dos prisioneros en el aro interior	FYL 25 THR
TR	1a	Dos prisioneros en el aro interior	SYK 20 TR
WF	1b	Anillo de fijación excéntrico con un solo prisionero	FY 60 WF
		Disposiciones y sellos	
–		Unidad de rodamiento de rodillos libre con anillo montado	SYR 2.7/16
–		Sellos de doble labio (estándar)	SYR 2.7/16
AH		Unidades de rodamientos de bolas para disposiciones de climatizadores	SY 2 TF/AH
F		Unidad de rodamientos de rodillos fija para ejes métricos	SYT 45 F
H		Unidad de rodamientos de rodillos fija para ejes en pulgadas	FSYE 3.15/16 NH
L		Unidad de rodamientos de rodillos libre para ejes métricos	SYNT 50 L
TS		Sellos laberínticos	SYNT 50 LTS
TF		Sellos radiales del eje	SYNT 45 FTF
W		Sin características de relubricación	SYNT 100 FW
-118		Sellos laberínticos	SYR 2.7/16 N-118
-3		Sellos radiales del eje	SYR 2.7/16-3
-18		Sellos laberínticos	SYR 2.7/16-18

[1)] En la **página 95**

Fig. 2a



Soportes de pie
SY, SYH, SYJ, SYM

Fig. 2b



Soportes de pie
SYK, SYKC, SYL

Fig. 2c



Soportes de pie
SYF, SYFJ

Fig. 2f



Soportes de pie
SYNT

Fig. 2d



Soportes de pie
SYFL

Fig. 2g



Soportes de pie
SYR, SYE

Fig. 2e



Soportes de pie
P, S

Fig. 2h



Soportes con pestaña
FY, FYJ, FYM

Fig. 2i



Soportes con pestaña
FYK, FYKC, FYL

Fig. 2l



Soportes con pestaña
FYC

Fig. 2j



Soportes con pestaña
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Fig. 2m



Soportes con pestaña
F, PF

Fig. 2k



Soportes con pestaña
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Fig. 2n



Soportes con pestaña
FT, PFT

Fig. 2o



Soportes con pestaña
PFD

Fig. 2r



Soportes tensores
TU, TUJ, TUM

Fig. 2p



Soportes con pestaña
FYE

Fig. 2s



Soportes tensores
TUL

Fig. 2q



Soportes con pestaña
FYR

Fig. 2t



Soportes tensores
TBR

Tabla 2

Estilos de soportes de unidades de rodamientos de bolas y rodillos SKF[1)]

Estilo de soporte	Descripción
F	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de acero prensado redondo
FSYE	Unidad con soporte de pie de rodamiento de rodillos con un soporte de fundición y base de cuatro tornillos
FSYR	Unidad con soporte de pie de rodamiento de rodillos con un soporte de fundición y base de cuatro tornillos
FT	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de acero prensado ovalado
FY	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña cuadrada
FYC	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña redonda
FYE	Unidad de rodamientos de rodillos con pestaña con un soporte de fundición con pestaña cuadrada
FYJ	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña cuadrada
FYK	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de poliamida reforzada con pestaña cuadrada
FYKC	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de poliamida reforzada con pestaña cuadrada
FYL	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de poliamida reforzada con pestaña cuadrada
FYM	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña cuadrada
FYNT	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña cuadrada
FYR	Unidad de rodamientos de rodillos con pestaña con un soporte de fundición con pestaña redonda
FYRP	Unidad de rodamientos de rodillos con pestaña con un soporte de fundición con pestaña redonda y extensión mecanizada
FYT	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña ovalada
FYTB	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña ovalada
FYTBK	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de poliamida reforzada con pestaña ovalada
FYTBKC	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de poliamida reforzada con pestaña ovalada
FYTJ	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña ovalada
FYTL	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de poliamida reforzada con pestaña ovalada
FYTM	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de fundición con pestaña ovalada
P	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado
PF	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de acero prensado con pestaña redonda
PFD	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de acero prensado con pestaña triangular
PFT	Unidad de rodamientos de bolas con pestaña con un soporte de acero prensado con pestaña ovalada
S	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado
SY	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de fundición
SYE	Unidad de soporte de pie con rodamientos de rodillos con un soporte de fundición
SYF	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de fundición de base acortada
SYFJ	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de fundición de base acortada
SYFL	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de poliéster de base acortada
SYH	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de fundición
SYJ	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de fundición
SYK	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de poliamida reforzada
SYKC	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de poliamida reforzada
SYL	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de poliéster
SYM	Unidad de soporte de pie con rodamientos de bolas con un soporte de fundición
SYNT	Unidad de soporte de pie con rodamientos de rodillos con un soporte de fundición
SYR	Unidad de soporte de pie con rodamientos de rodillos con un soporte de fundición
TU	Soporte tensor con rodamiento de bolas con un soporte de fundición
TUJ	Soporte tensor con rodamiento de bolas con un soporte de fundición
TUL	Soporte tensor con rodamiento de bolas con un soporte de poliéster
TUM	Soporte tensor con rodamiento de bolas con un soporte de fundición

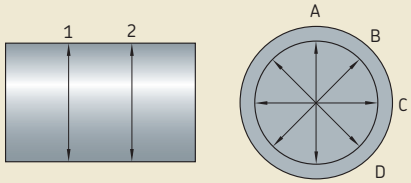
[1)] Consultar también las **figs. 2a** a **2t**, desde la **página 96**.

Preparación antes del montaje

Antes de comenzar el montaje de la unidad de rodamiento, hacer lo siguiente:

- Asegurarse de que el eje esté limpio y sin rebabas. En caso contrario, eliminar las rebabas y biselar el extremo del eje con una tela de esmeril o una lima fina. Limpiar el eje.
- Comprobar que el asiento del rodamiento del eje esté dentro de la tolerancia, preferiblemente en dos secciones transversales y en cuatro sentidos (→ **fig. 3**).
- Para las unidades de rodamientos que utilizan prisioneros, un anillo de fijación excéntrico o un anillo de fijación cilíndrico, aplicar una fina capa de aceite ligero al eje.
- Para las unidades de rodamientos que utilizan un manguito de fijación o el método de fijación SKF ConCentra, utilizar un paño limpio para asegurarse de que el asiento del rodamiento en el eje esté seco y libre de grasa.
- Limpiar la superficie de apoyo de la unidad y comprobar que la planitud recomendada esté dentro del grado de tolerancia IT7.
- Si se vuelve a utilizar la unidad después de desmontarla, asegurarse de que el agujero del rodamiento y la base del soporte estén limpios.
- Si se necesitan chapas calibradas para elevar la altura central de la unidad, asegurarse de que la chapa cubra toda la superficie de contacto entre la base de la unidad y la superficie de apoyo.
- SKF recomienda utilizar pernos o espárragos de clase 8.8 y una arandela según la norma ISO 7089:2000 o 7090:2000 y una arandela elástica, para fijar las unidades de rodamientos de bolas y de rodillos a la base. Los tornillos con cabeza hexagonal según la normativa ISO 4014:1999 son adecuados. Como alternativa, se pueden utilizar tornillos de cabeza hueca hexagonal según ISO 4762:1988.
- Las unidades de rodamientos no deben sacarse de su embalaje original hasta inmediatamente antes de su montaje; de esta forma se protegen de los contaminantes, especialmente en entornos difíciles.

Fig. 3



Herramientas adecuadas

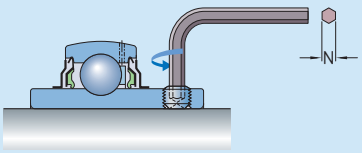
Para montar las unidades de rodamientos de bolas y de rodillos SKF, las únicas herramientas necesarias son:

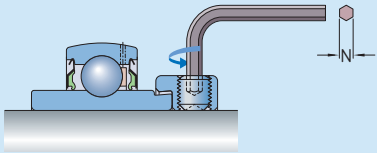
- una llave hexagonal o una llave dinamométrica para apretar los prisioneros en el aro interior o en el anillo de fijación, como se especifica en la **tabla 3**
- una llave de gancho para apretar las tuercas de fijación del manguito de fijación, como se especifica en la **tabla 4**
- una llave dinamométrica o llave hexagonal para apretar los tornillos, pernos o tuercas de fijación.

Con cada unidad de rodamiento de bolas o de rodillos SKF ConCentra, se suministra una llave 3L según la norma ISO 2936:2001, junto con

Tabla 3

Llaves hexagonales y valores de par de apriete recomendados para unidades de rodamientos de bolas con fijación mediante prisioneros o anillo de fijación





Diámetro del eje d		Tamaño de la llave hexagonal	Par de apriete
más de	hasta incl.	N	
mm/pulg.		mm/pulg.	Nm *pulg.lbf*
Fijación de unidades de rodamientos de bolas con prisioneros Unidades con los sufijos de designación TF y TR (sin incluir las series enumeradas a continuación)			
–	**35**	3	4 *(35)*
35	**45**	4	6,5 *(58)*
45	**65**	5	16,5 *(146)*
65	**100**	6	28,5 *(252)*
–	**5/8**	3/32	4 *(35)*
5/8	**1 3/16**	1/8	4 *(35)*
1 3/16	**1 3/4**	5/32	6,5 *(58)*
1 3/4	**2 11/16**	3/16	16,5 *(146)*
2 11/16	**2 15/16**	7/32	28,5 *(252)*
Unidades de las series SYM .. TF, FYM .. TF y TUM .. TF			
–	**1**	1/8	4 *(35)*
1	**1 1/2**	5/32	6,5 *(58)*
1 1/2	**2 3/16**	3/16	16,5 *(146)*
2 3/16	**3**	7/32	28,5 *(252)*
Unidades con el sufijo de designación RM			
–	**45**	3	4 *(35)*
45	**50**	4	6,5 *(58)*
–	**5/8**	3/32	4 *(35)*
5/8	**1 3/16**	1/8	4 *(35)*
1 3/16	**1 3/4**	5/32	6,5 *(58)*
1 3/4	**2 11/16**	3/16	16,5 *(146)*
2 11/16	**2 15/16**	7/32	28,5 *(252)*

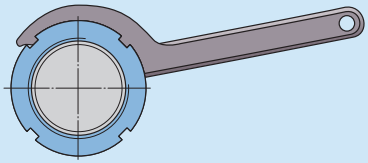
Diámetro del eje d		Tamaño de la llave hexagonal	Par de apriete
más de	hasta incl.	N	
mm/pulg.		mm/pulg.	Nm *pulg.lbf*
Unidades de rodamientos de bolas con un anillo de fijación excéntrico Unidades con los sufijos de designación FM y WF			
–	**25**	3	4 *(35)*
25	**30**	4	6,5 *(58)*
30	**65**	5	16,5 *(146)*
–	**5/8**	3/32	4 *(35)*
5/8	**1**	1/8	4 *(35)*
1	**1 15/16**	5/32	6,5 *(58)*
1 15/16	**3**	3/16	16,5 *(146)*
Unidades de rodamientos de rodillos con anillo de fijación cilíndrico			
1 3/16	**2 3/16**	3/8	28,5 *(252)*
2 3/16	**3 1/2**	1/2	70 *(620)*
3 1/2	**4**	5/8	149,7 *(1 325)*
4	**4 15/16**	5/8	149,7 *(1 325)*

un indicador de par de apriete (→ **fig. 21** en la **página 113**).

Las llaves de gancho forman parte de la completa gama de herramientas y productos de montaje SKF (→ **Apéndice J**, desde la **página 416**).

Tabla 4

Llaves de gancho y valores de par de apriete para unidades de rodamientos de bolas de las series SYJ .. KF, FYJ .. KF y FYTJ .. KF, montadas con un manguito de fijación



Diámetro del eje d		**Unidad de rodamientos** Diámetro del agujero	**Manguito de fijación adecuado** Designación	**Llave de gancho adecuada** Designación	Par de apriete			
					mín.	máx.	mín.	máx.
mm	pulgada	mm	–	–	Nm		pulg.lbf	
19,050	3/4	**25**	**HE 2305**	HN 5–6	13	17	115	150
20	–	**25**	**H 2305**	HN 5–6	13	17	115	150
23,812	15/16	**30**	**HA 2306**	HN 5–6	22	28	195	248
25	–	**30**	**H 2306**	HN 5–6	22	28	195	248
25,400	1	**30**	**HE 2306**	HN 5–6	22	28	195	248
30	–	**35**	**H 2307**	HN 7	27	33	239	292
30,162	1 3/16	**35**	**HA 2307**	HN 7	27	33	239	292
31,750	1 1/4	**40**	**HE 2308**	HN 8–9	35	45	310	398
35	–	**40**	**H 2308**	HN 8–9	35	45	310	398
36,512	1 7/16	**45**	**HA 2309**	HN 8–9	45	55	398	487
38,100	1 1/2	**45**	**HE 2309**	HN 8–9	45	55	398	487
40	–	**45**	**H 2309**	HN 8–9	45	55	398	487
41,275	1 5/8	**50**	**HS 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
42,862	1 11/16	**50**	**HA 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
44,450	1 3/4	**50**	**HE 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
45	–	**50**	**H 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
49,212	1 15/16	**55**	**HA 2311 B**	HN 10–11	65	85	575	752
50	–	**55**	**H 2311**	HN 10–11	65	85	575	752
50,800	2	**55**	**HE 2311**	HN 10–11	65	85	575	752
53,975	2 1/8	**60**	**HS 2312**	HN 12–13	85	115	752	1 018
55	–	**60**	**H 2312**	HN 12–13	85	115	752	1 018
55,562	2 3/16	**65**	**HA 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328
57,150	2 1/4	**65**	**HE 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328
60	–	**65**	**H 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328
60,325	2 3/8	**65**	**HS 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328

Montaje de unidades de rodamientos de bolas con fijación con prisionero

Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de fundición o de material compuesto

Al montar unidades de rodamientos de bolas con un soporte de fundición o de material compuesto (→ **figs. 2a**, **2b**, **2c**, **2d**, **2h**, **2i**, **2j**, **2k**, **2l**, **2r** y **2s** en las **páginas 96** a **99**) que se fijan con prisioneros (→ **fig. 1a**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2 **a**) Unidades de soportes de pie: Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Alinear con cuidado ambas unidades y apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que figuran en la **tabla 5**.
b) Unidades con pestaña: Apoyar el eje en la posición de montaje entre las paredes de la máquina. Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Si no se suministra con un reborde, alinear con cuidado ambas unidades y apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que figuran en la **tabla 5**.
c) Unidades tensoras: Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Instalar el conjunto eje/unidades en los marcos tensores y conectar los tornillos de ajuste a través del orificio moldeado en las unidades. Alinear con cuidado ambas unidades.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a la unidad es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

3 Alinear axialmente el eje en la disposición de rodamientos (→ **fig. 4**).
4 Apretar los prisioneros en el aro interior (→ **fig. 5**) de ambas unidades con los valores de par de apriete indicados en la **tabla 3** de la **página 102**.
5 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.
6 Si corresponde, colocar la(s) tapa(s) lateral(es) a presión en su sitio.

Fig. 4

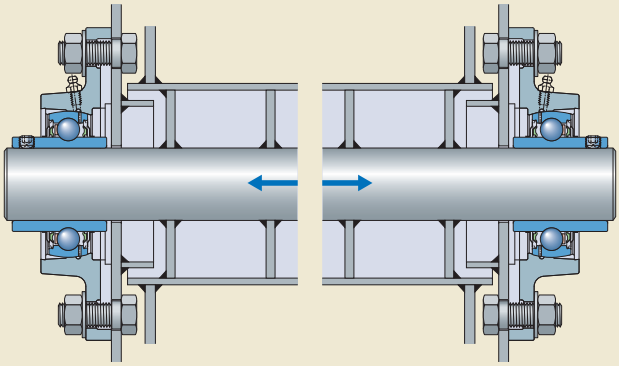
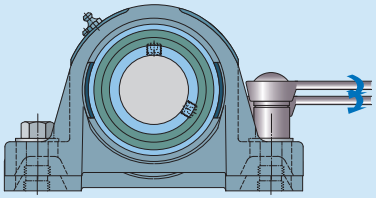


Tabla 5

Valores de par de apriete recomendados para tornillos o tuercas de fijación



Tamaño del perno	Par de apriete	
mm/pulg.	Nm	ft.lbf
6	9	7
8	22	16
10	45	34
12	80	60
16	200	150
20	385	285
24	665	485
3/8	28	21
1/2	95	70
5/8	185	135
3/4	320	235
7/8	515	380
1	770	570

Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado

Al montar unidades de rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado (→ **figs. 2e**, **2m**, **2n** y **2o** en las **páginas 97** a **99**) que se fijan con prisioneros (→ **fig. 1a**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.

2 **a**) Unidades de soportes de pie: Colocar las bases de los soportes en sus superficies de apoyo. Deslizar un rodamiento con el dispositivo de fijación hacia afuera en cada extremo del eje y colocar el eje con los rodamientos sobre las bases del soporte.

NOTA: Si la unidad tiene un aro de asiento de caucho (cartucho), instalar primero este aro en el diámetro exterior del rodamiento (→ **fig. 6**).

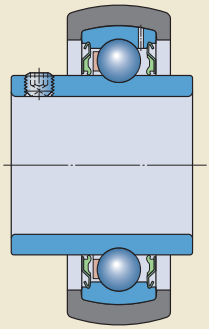
b) Unidades con pestaña: Colocar una mitad del soporte en posición sobre las paredes de la máquina, apoyar el eje en la posición de montaje entre las paredes de la máquina y deslizar un rodamiento con el dispositivo de fijación hacia afuera en cada extremo del eje.

3 Colocar una tapa del soporte o la segunda mitad del soporte sobre cada rodamiento (→ **fig. 7**, **página 106**) y ubicar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos.

Fig. 5



Fig. 6



4 Alinear con cuidado ambos soportes usando el eje y apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que figuran en la **tabla 5** de la **página 105**.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a la unidad es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

PRECAUCIÓN: Las unidades con soporte de acero prensado no pueden compensar la desalineación una vez que los tornillos o tuercas de fijación estén completamente apretados, a menos que las unidades de soportes de pie estén equipadas con un aro de asiento de caucho (cartucho).

5 Si es posible, alinear el eje en la disposición de rodamientos axialmente (→ **fig. 4** en la **página 104**) y hacerlo girar un par de veces.
6 Apretar los prisioneros en el aro interior de ambas unidades con los valores de par de apriete indicados en la **tabla 3** de la **página 102**.
7 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.


Fig. 7

Montaje de unidades de rodamientos de bolas con un anillo de fijación excéntrico

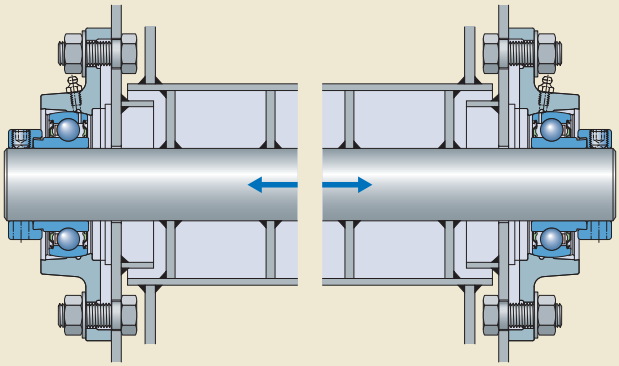
Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de fundición o de material compuesto

Al montar unidades de rodamientos de bolas con un soporte de fundición o de material compuesto (→ **figs. 2a**, **2c**, **2h**, **2j**, **2l** y **2r** en las **páginas 96** a **99**) y un anillo de fijación excéntrico (→ **fig. 1b**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2 Retirar los anillos de fijación excéntricos.
3 **a**) Unidades de soportes de pie: Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Alinear con cuidado ambas unidades y apretar los tornillos de fijación en ambas unidades con los valores de par recomendados que figuran en la **tabla 5** de la **página 105**.
b) Unidades con pestaña: Colocar el eje entre las paredes de la máquina. Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Si no se suministra con un reborde, alinear con cuidado ambas unidades y apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que figuran en la **tabla 5** de la **página 105**.
c) Unidades tensoras: Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Instalar el conjunto eje/unidades en los marcos tensores y conectar los tornillos de ajuste a través del orificio moldeado en las unidades. Alinear con cuidado ambas unidades.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

Fig. 8



4 Alinear axialmente el eje en la disposición de rodamientos (→ **fig. 8**).
5 Colocar el anillo de fijación excéntrico en la extensión del aro interior de cada unidad y apretarlo con los dedos en el sentido principal de giro (→ **fig. 9**). A continuación, apretar el anillo de fijación utilizando una llave de gancho con un perno que encaje en el orificio de la circunferencia del anillo (→ **fig. 10**) o un martillo y un punzón. Apretar los prisioneros en el anillo de fijación de cada unidad con los valores de par de apriete indicados en la **tabla 3** de la **página 102**.
6 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.
7 Si corresponde, colocar la(s) tapa(s) lateral(es) a presión en su sitio.

Fig. 9



Fig. 10



Unidades de rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado

Al montar unidades de rodamientos de bolas con un soporte de acero prensado (→ **figs. 2e**, **2m**, **2n** y **2o** en las **páginas 97** a **99**) y un anillo de fijación excéntrico (→ **fig. 1b**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2 Retirar los anillos de fijación.
3 **a**) Unidades de soportes de pie: Colocar las bases de los soportes en sus superficies de apoyo. Deslizar un rodamiento con el dispositivo de fijación hacia afuera en cada extremo del eje y colocar los rodamientos en la mitad inferior de las unidades.

NOTA: Si la unidad tiene un aro de asiento de caucho (cartucho), instalar primero este aro en el diámetro exterior del rodamiento (→ **fig. 11**).

b) Unidades con pestaña: Colocar el eje entre las paredes de la máquina. Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera.
4 Colocar una tapa del soporte o la segunda mitad del soporte sobre cada rodamiento (→ **fig. 12**) y ubicar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos.
5 Alinear con cuidado ambos soportes, p. ej., usando el eje, y apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que figuran en la **tabla 5** de la **página 105**.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a la unidad es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

PRECAUCIÓN: Las unidades con soporte de acero prensado no pueden compensar la desalineación una vez que los tornillos o tuercas de fijación estén completamente apretados, a menos que las unidades de soportes de pie estén equipadas con un aro de asiento de caucho (cartucho).

Fig. 11

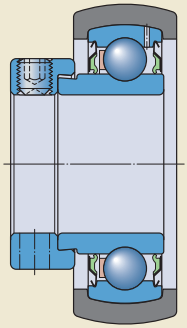


Fig. 12



6 Si es posible, alinear el eje en la disposición de rodamientos axialmente (→ **fig. 8** en la **página 107**) y hacerlo girar un par de veces.
7 Colocar el anillo de fijación excéntrico en la extensión del aro interior de cada unidad y ajustarlas sin holgura en el sentido principal de giro. Apretar el anillo de fijación hasta su posición final, utilizando una llave de gancho con un perno que enganche el orificio de la circunferencia del anillo o un martillo y un punzón. Apretar el prisionero en el anillo de fijación de cada unidad con los valores de par de apriete indicados en la **tabla 3** de la **página 102**.
8 Si procede, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.

Montaje de unidades de rodamientos de bolas con un manguito de fijación

Al montar unidades de soportes de pie con rodamientos de bolas con un manguito de fijación (→ **fig. 1c**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2 Determinar la posición de los manguitos de fijación en el eje (→ **fig. 13**).

NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito de fijación a lo largo del eje. En el caso de un eje escalonado, la posición de la unidad en el eje viene determinada por el resalte, lo que simplifica considerablemente el montaje.

3 Retirar la tuerca y la arandela de fijación de los manguitos de fijación.
4 Expandir cada manguito de fijación levemente insertando un destornillador en la ranura del manguito (→ **fig. 14**). A continuación, deslizarlos con la rosca hacia afuera, a lo largo del eje, hasta su posición.
5 Colocar la primera unidad de rodamiento en su posición en el manguito de fijación.
6 Colocar la arandela de fijación en su posición y apretar la tuerca de fijación hasta que el aro interior, el manguito y el eje hagan un contacto adecuado.
7 Apretar aún más la tuerca de fijación con una llave de gancho hasta un ángulo de apriete de unos 70° (→ **fig. 15**) o con una llave dinamométrica hasta los valores de par de apriete recomendados (→ **tabla 4** de la **página 103**). Asegurarse de que, mientras ajusta la tuerca, el manguito no gire sobre el eje. Mientras se aprieta, el eje se moverá axialmente según el desplazamiento axial de la unidad en su asiento del manguito cónico.

Fig. 13

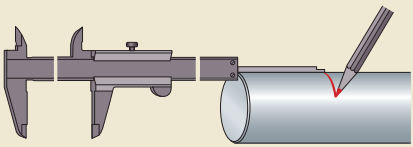


Fig. 14



Fig. 15



8 Fijar la unidad en el manguito doblando una solapa de la arandela de fijación en una de las ranuras provistas alrededor de la circunferencia de la tuerca (→ **fig. 16**).
9 Instalar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos.
10 Colocar la unidad de rodamiento en el otro extremo del eje en su posición en el manguito.
11 Repetir los **pasos 6** a **9**. Al hacer esto, la unidad debe poder moverse en el manguito de fijación a lo largo del eje según su desplazamiento axial en el asiento del manguito cónico.
12 Alinear con cuidado ambas unidades.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

13 Apretar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.
14 Si procede, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.
15 Si corresponde, colocar la(s) tapa(s) lateral(es) a presión en su sitio.

Para montar unidades de soportes con pestañas con rodamientos de bolas con un manguito de fijación, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.


Fig. 16

Montaje de unidades de rodamientos de bolas SKF ConCentra

PRECAUCIÓN: No intentar nunca desmontar la unidad. Además, nunca apretar los prisioneros en el anillo de montaje a menos que la unidad esté montada en un eje. De hacerlo, se dañará el manguito escalonado SKF ConCentra.

Unidades de soportes de pie para rodamientos de bolas SKF ConCentra

Al montar unidades de soportes de pie con rodamientos de bolas SKF ConCentra (→ **fig. 1d**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1. Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2. Con el anillo de montaje orientado hacia afuera, deslizar una unidad en cada extremo del eje (→ **fig. 17**).
3. Colocar la primera unidad de rodamiento en su posición correcta e instalar los tornillos de fijación, pero sin apretarlos.

   NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito escalonado SKF ConCentra a lo largo del eje (→ **fig. 18**).

Fig. 17

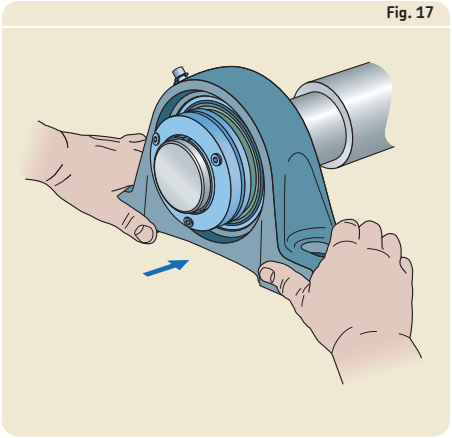
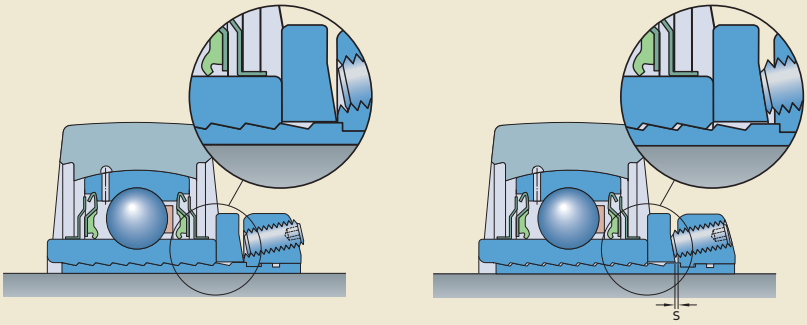


Fig. 18



4 Colocar el anillo de montaje de manera que no haya ningún prisionero orientado hacia la división del manguito.
5 Utilizar el extremo corto de la llave hexagonal suministrada y apretar los prisioneros con los dedos (→ **fig. 19**).
6 Utilizar el extremo largo de la llave hexagonal para apretar los tornillos un total de 1/2 vuelta alternando en dos incrementos (1/4 de vuelta y 1/4 de vuelta) según el patrón de montaje (→ **fig. 20**), comenzando con el tornillo opuesto a la división en el manguito.
7 Montar el indicador de par rojo suministrado en el extremo corto de la llave hexagonal (→ **fig. 21**) y apretar los tornillos hasta que la llave hexagonal entre en contacto con el indicador de par (→ **fig. 22**). Si se utiliza una llave dinamométrica, aplicar el valor de par de apriete recomendado de 7,4 Nm *(5.5 ft.lbf)*.
8 Alinear la unidad y apretar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.
9 Colocar la unidad de rodamiento en el otro extremo del eje. Instalar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos.
10 Repetir los **pasos 4** a **7**. Al hacerlo, la unidad debe poder moverse axialmente a lo largo del eje, según su desplazamiento axial "s" en el manguito SKF ConCentra (→ **fig. 18** en la **página 111**).
11 Alinear cuidadosamente el eje.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

12 Apretar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.
13 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.

Fig. 19

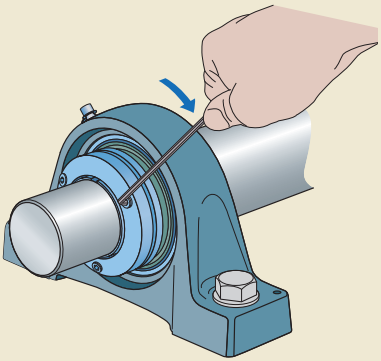


Fig. 20

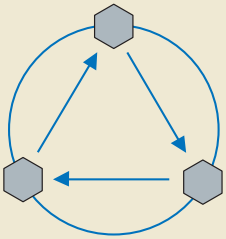


Fig. 21



Fig. 22



Unidades con pestaña para rodamientos de bolas SKF ConCentra

Al montar unidades con pestaña para rodamientos de bolas SKF ConCentra (→ **fig. 1d**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2 Apoyar el eje en la posición de montaje entre las paredes de la máquina.
3 Con el anillo de montaje orientado hacia afuera, deslizar una unidad en cada extremo del eje.

NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito escalonado SKF ConCentra a lo largo del eje (→ **fig. 18**, **página 111**).

4 Colocar la primera unidad de rodamiento en su posición correcta y apretar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.
5 Colocar el anillo de montaje de manera que no haya ningún prisionero orientado hacia la división del manguito.
6 Utilizar el extremo corto de la llave hexagonal suministrada y apretar los prisioneros con los dedos.
7 Utilizar el extremo largo de la llave hexagonal para apretar los tornillos un total de 1/2 vuelta alternando en dos incrementos (1/4 de vuelta y 1/4 de vuelta) según el patrón de montaje (→ **fig. 20**), comenzando con el tornillo opuesto a la división en el manguito.
8 Montar el indicador de par rojo suministrado en el extremo corto de la llave hexagonal (→ **fig. 21**) y apretar los tornillos hasta que la llave hexagonal entre en contacto con el indicador de par. Si se utiliza una llave dinamométrica, aplicar el valor de par de apriete recomendado de 7,4 Nm *(5.5 ft.lbf)*.
9 Colocar la unidad de rodamiento en el otro extremo del eje en su posición correcta. Instalar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos.

10 Repetir los **pasos 5** a **8**. Al hacerlo, la unidad debe poder moverse axialmente a lo largo del eje (→ **fig. 23**), según su desplazamiento axial "s" en el manguito SKF ConCentra (→ **fig. 18** en la **página 111**).
11 Alinear cuidadosamente el eje.

NOTA: Cuando es necesario relubricar la unidad, la desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 2°. De lo contrario, se puede admitir una desalineación de hasta 5°.

12 Apretar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.
13 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.

Montaje de unidades de rodamientos de rodillos SKF ConCentra

PRECAUCIÓN: No intentar nunca desmontar la unidad. Además, nunca apretar los prisioneros en el anillo de montaje a menos que la unidad esté montada en un eje. De hacerlo, se dañará el manguito escalonado SKF ConCentra.

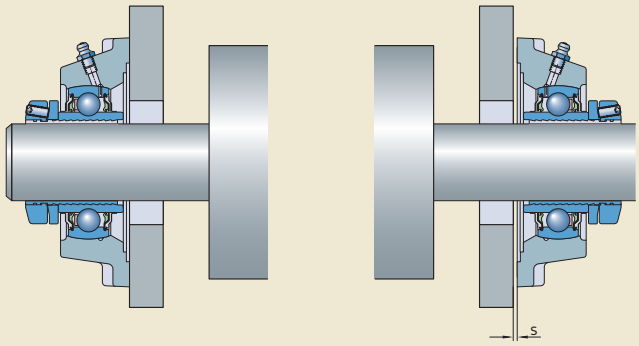
Unidades de soportes de pie para rodamientos de rodillos SKF ConCentra

Al montar unidades de soportes de pie con rodamientos de rodillos SKF ConCentra (→ **fig. 1e**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2 Determinar la posición de la unidad fija y la unidad libre en el eje. La unidad fija siempre debe estar en el lado de accionamiento.
3 Con el anillo de montaje orientado hacia afuera, deslizar una unidad en cada extremo del eje (→ **fig. 24**).

NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito escalonado SKF ConCentra a lo largo del eje (→ **fig. 25**).

Fig. 23



4 Instalar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos.
5 Colocar la unidad de rodamiento fija axialmente en el eje y alinearla en la superficie de apoyo. Las unidades SYNT tienen marcas verticales en los extremos de la base del soporte para facilitar esto (→ **fig. 26**).
6 Fijar la unidad de rodamiento fija en el eje.

Fig. 24

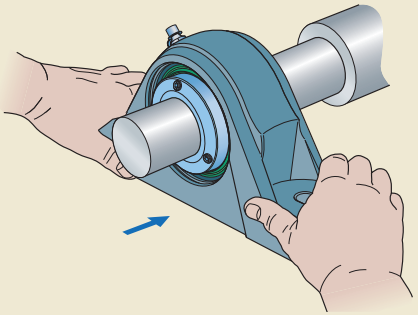
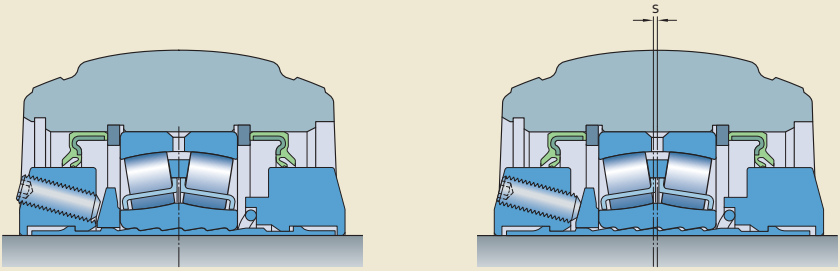


Fig. 26



Fig. 25



7 Colocar el anillo de montaje de manera que no haya ningún prisionero orientado hacia la división del manguito. Utilizar el extremo corto de la llave hexagonal suministrada y apretar cada tornillo con los dedos. Seguir el patrón de montaje (→ **fig. 27**), comenzando por el tornillo opuesto a la división del manguito. Montar el indicador de par rojo suministrado en el extremo corto de la llave hexagonal (→ **fig. 21** en la **página 113**) y apretar los tornillos hasta que la llave hexagonal entre en contacto con el indicador de par (→ **fig. 28**). Cuando se aplica una llave dinamométrica para apretar los prisioneros (→ **fig. 29**), utilizar un cabezal de 3 mm. Siguiendo el patrón de montaje, apretar los tornillos primero con los dedos. A continuación, seguir apretando cada tornillo otra vez hasta el valor de par de apriete recomendado de 7,4 Nm *(5.5 ft.lbf)*.

8 Comprobar una vez más la alineación de la unidad fija. La desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 1,5°.

9 Buscar el centro del asiento del rodamiento en la unidad libre. Apoyar el eje. Agarrar los anillos de ambos extremos del rodamiento de inserción sin carga y moverlos de una posición final en el soporte a la otra mientras el soporte está fijado. Si solo se espera dilatación térmica del eje, SKF recomienda que la posición final del rodamiento se coloque hacia el rodamiento fijo (→ **fig. 30**).

NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito escalonado SKF ConCentra a lo largo del eje (→ **fig. 25**, en la **página 115**).

10 Fijar el rodamiento libre sobre el eje como en el **paso 7**.

11 Alinear con cuidado la unidad. Apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.

12 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.

13 Si corresponde, colocar la tapa lateral a presión en su sitio.

Fig. 27

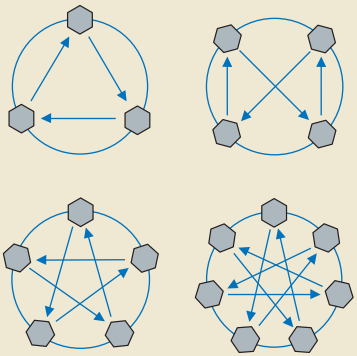


Fig. 28



Fig. 29



Unidades con pestaña para rodamientos de rodillos SKF ConCentra

Al montar unidades con pestaña para rodamientos de rodillos SKF ConCentra (→ **fig. 1e**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

1. Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
2. Determinar la posición de la unidad fija y la unidad libre en el eje. La unidad fija siempre debe estar en el lado de accionamiento.
3. Apoyar el eje en la posición de montaje entre las paredes de la máquina.
4. Con el anillo de montaje orientado hacia afuera, deslizar una unidad hasta su posición en cada extremo del eje.

   NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito escalonado SKF ConCentra a lo largo del eje.

5. Instalar los tornillos o las tuercas de fijación, pero sin apretarlos (→ **fig. 31**).

Fig. 31

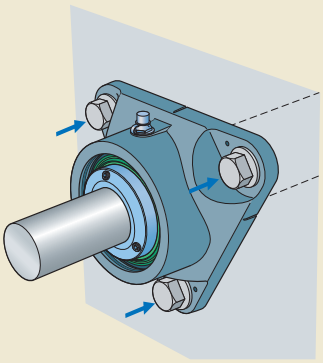
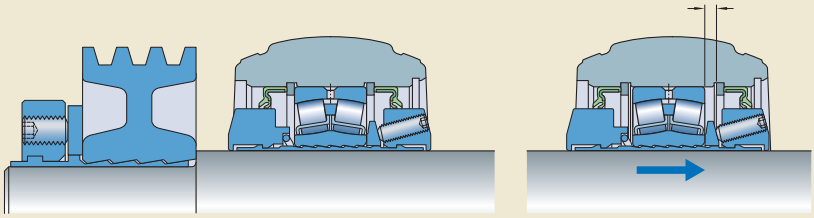


Fig. 30



6 Fijar el rodamiento fijo en el eje. Colocar el anillo de montaje de manera que no haya ningún prisionero orientado hacia la división del manguito. Utilizar el extremo corto de la llave hexagonal suministrada y apretar los prisioneros con los dedos. Utilizar el extremo largo de la llave hexagonal para apretar los tornillos un total de 1/2 vuelta alternando en dos incrementos (1/4 de vuelta y 1/4 de vuelta) según el patrón de montaje (→ **fig. 27** de la **página 116**), comenzando con el tornillo opuesto a la división en el manguito. Montar el indicador de par rojo suministrado en el extremo corto de la llave hexagonal y apretar los tornillos hasta que la llave hexagonal entre en contacto con el indicador de par (→ **fig. 32**). Si se utiliza una llave dinamométrica (→ **fig. 33**), aplicar el valor de par de apriete recomendado de 7,4 Nm *(5.5 ft.lbf)*.

7 Comprobar una vez más la alineación de la unidad fija. La desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 1,5°.

8 Buscar el centro del asiento del rodamiento en la unidad libre. Apoyar el eje. Agarrar un anillo del rodamiento de inserción sin carga y moverlo de una posición final en el soporte a la otra mientras el soporte está fijado. Si solo se espera dilatación térmica del eje, SKF recomienda que la posición final del rodamiento se coloque hacia el rodamiento fijo.

NOTA: Tener en cuenta que, durante la instalación, la unidad se desplazará axialmente sobre el manguito escalonado SKF ConCentra a lo largo del eje.

9 Fijar el rodamiento libre sobre el eje como en el **paso 6**.

10 Alinear con cuidado la unidad. Apretar los tornillos de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**.

11 Si es posible, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.

12 Si corresponde, encajar la tapa lateral en el rebaje del agujero del soporte.

Fig. 32

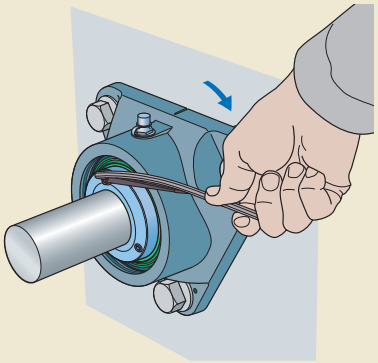
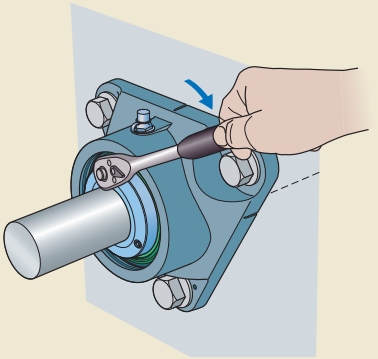


Fig. 33

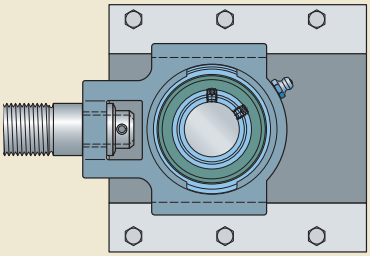


Montaje de unidades de rodamientos de rodillos con un anillo de fijación cilíndrico

Al montar unidades de rodamientos de rodillos con un anillo de fijación cilíndrico (→ **fig. 1f**, **página 95**), seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 101** así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

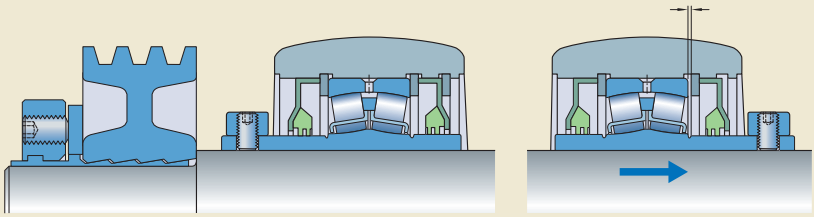
1 Determinar la posición de la unidad fija y la unidad libre en el eje. La unidad fija siempre debe estar en el lado de accionamiento.
2 Montar todos los componentes que van entre las dos unidades de rodamientos en el eje.
3 **a**) Unidades de soportes de pie: Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Alinear con cuidado ambas unidades. Ajustar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**. La desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 1,5°.
b) Unidades con pestaña: Apoyar el eje en la posición de montaje entre las paredes de la máquina. Deslizar una unidad sobre cada extremo del eje. Si no se suministra con un reborde, alinear con cuidado ambas unidades. Ajustar los tornillos o tuercas de fijación con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 5** de la **página 105**. La desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 1,5°.
c) Unidades tensoras: Deslizar una unidad en cada extremo del eje con el dispositivo de fijación hacia afuera. Instalar el conjunto eje/unidades en los marcos tensores y conectar los tornillos de ajuste a través del orificio moldeado en las unidades (→ **fig. 34**). Alinear con cuidado ambas unidades. La desalineación máxima admisible del eje con respecto a las unidades es de 1,5°.
4 Alinear axialmente el eje en la disposición de rodamientos.
5 Apretar los prisioneros en el anillo de fijación cilíndrico que sujeta el eje a través de los orificios perforados en el aro interior de la unidad fija con los valores de par de apriete indicados en la **tabla 3** de la **página 102**.

Fig. 34



6 Buscar el centro del asiento del rodamiento en la unidad libre apoyando el eje y moviendo el rodamiento de inserción sin carga de una posición final en el soporte a la otra. Si solo se espera dilatación térmica del eje, SKF recomienda que la posición final del rodamiento se coloque hacia el rodamiento fijo (→ **fig. 35**).
7 Fijar el rodamiento libre sobre el eje como en el **paso 3**.
8 Si procede, comprobar que la disposición de rodamientos pueda girar libremente haciendo girar el eje unas cuantas veces.

Fig. 35



Instalación de unidades de rodamientos de bolas

En los casos en que los rodamientos Y y los soportes Y de fundición gris o de material compuesto no se suministran como unidades, es necesario montarlos primero. Para ello, hay que introducir el rodamiento en el escote de llenado del agujero del soporte (→ **fig. 36**); en el caso de los rodamientos de bolas con anillo de fijación excéntrico, hay que retirar primero el anillo de fijación. Se puede utilizar una pieza redonda de madera o un trozo de tubo, etc., para girar el rodamiento hasta su posición con el dispositivo de fijación orientado en el mismo sentido que los escotes de llenado (→ **fig. 37**).

PRECAUCIÓN: Al insertar el rodamiento, asegurarse de que el orificio de lubricación del lado del dispositivo de fijación y los escotes de llenado del soporte no coincidan (→ **fig. 38**).

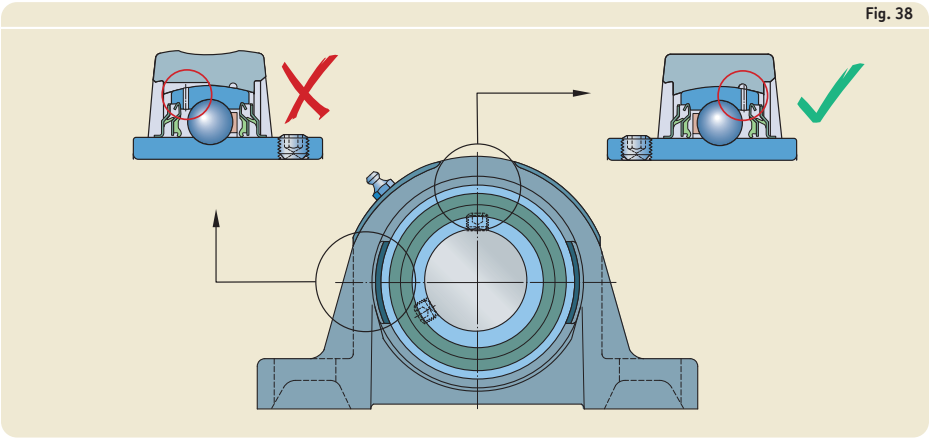
Fig. 36

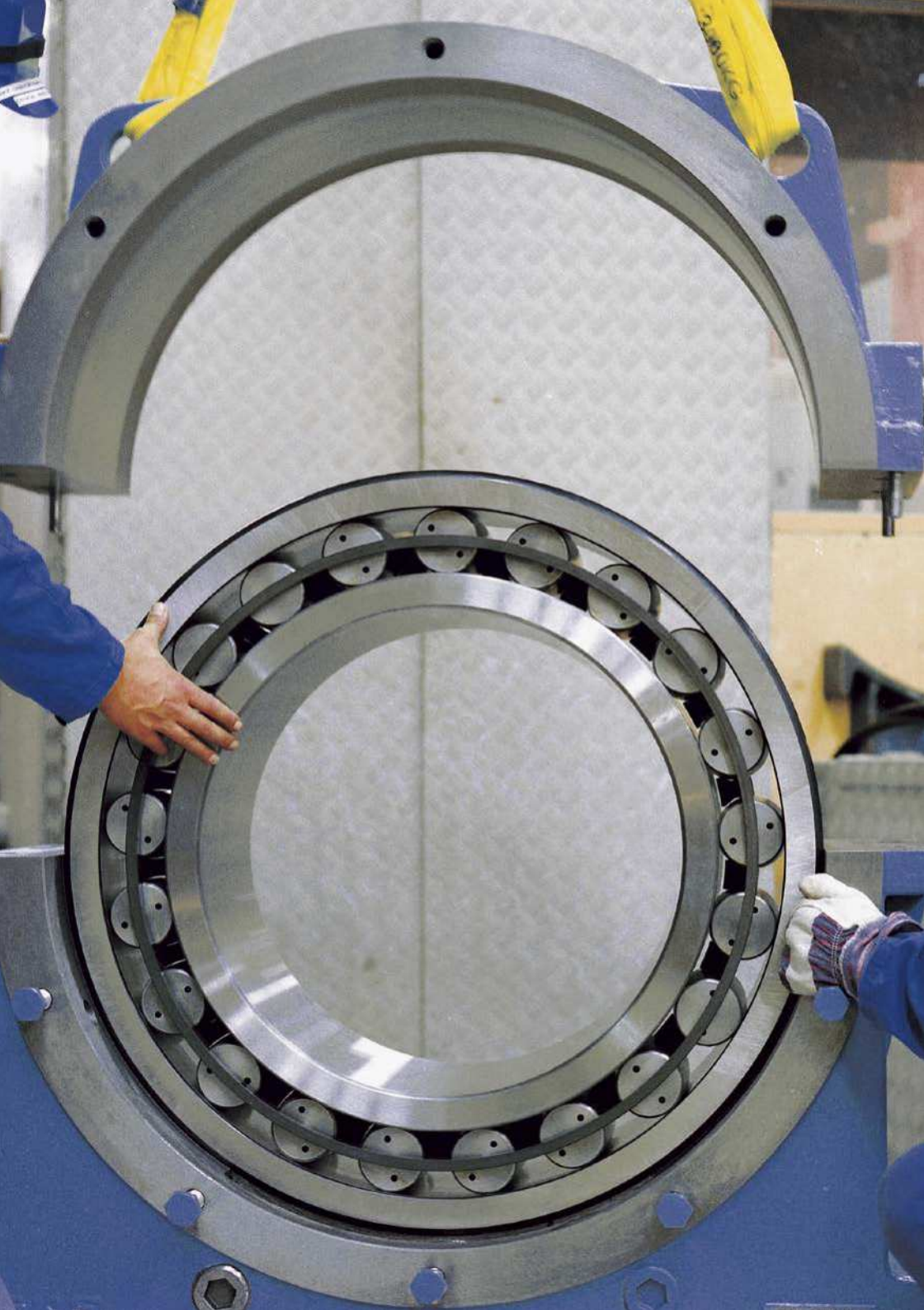


Fig. 37



Fig. 38





Montaje de soportes para rodamientos

Introducción 124

Selección de piezas de repuesto 124

Preparativos antes del montaje 130

Uso de chapas calibradas 130

Pernos 131

Uso de anillos de fijación (estabilizadores) 132

Uso de tapas laterales 133

Instalación de sellos de dos piezas o sólidos 133

Montaje de soportes de pie de dos piezas estándares 134

Montaje de soportes de pie SONL 137

Introducción

La gama estándar de soportes de rodamientos SKF incluye:

- soportes de pie de dos piezas
- soportes de pie de una pieza
- soportes con pestaña
- soportes tensores

Los soportes para rodamientos SKF están fabricados, por lo general, en fundición gris. Los soportes de pie más populares también están disponibles en fundición de grafito esferoidal o en fundición de acero para aplicaciones que requieren mayor resistencia. Los soportes están diseñados principalmente para rodamientos de bolas a rótula, rodamientos de rodillos a rótula y rodamientos de rodillos toroidales CARB.

La mayoría de los soportes para rodamientos SKF se suministran junto con las instrucciones de montaje. En este capítulo, también se incluye información sobre cómo montar e instalar soportes de pie de dos piezas. Comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF para obtener información sobre el montaje de soportes SKF especiales para aplicaciones específicas, como por ejemplo:

- cintas transportadoras y tambores
- convertidores
- molinos tubulares y hornos rotativos
- máquinas papeleras
- turbinas eólicas
- piñones de engranajes abiertos

Selección de piezas de repuesto

Los soportes para rodamientos SKF están disponibles en una amplia gama de estilos. Pueden utilizarse con diversos sellos y para diferentes disposiciones de rodamientos. Por consiguiente, hay que tener cuidado al seleccionar un soporte de repuesto. Un nuevo soporte debe coincidir con la pieza original en cuanto a:

- el estilo del soporte (→ **fig. 1** y **tabla 1**, **página 126**)
- la versión del soporte (→ **tabla 2**, **página 127**)

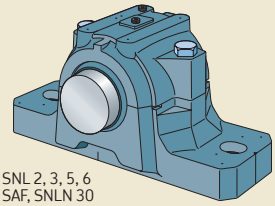
Para obtener información adicional sobre los productos y herramientas de mantenimiento y lubricación de SKF, visite www.skf.com y www.mapro.skf.com.

Para obtener instrucciones de montaje detalladas para soportes de rodamientos específicos, visite www.skf.com/mount.

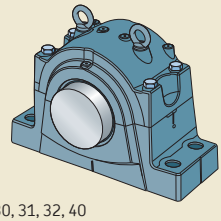
El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (Reliability Maintenance Institute, RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

- la disposición de rodamientos (→ **fig. 2**, **página 127**)
- la solución de sellado y su configuración (→ **tabla 3**, **página 128** y **fig. 3**, **página 129**)

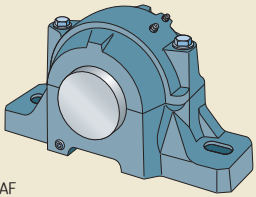
Fig. 1



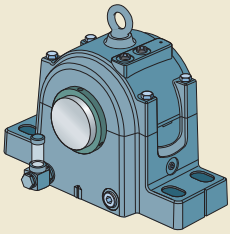
SNL 2, 3, 5, 6
SAF, SNLN 30



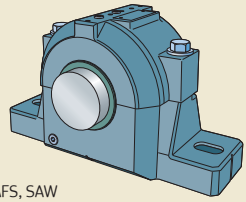
SNL 30, 31, 32, 40



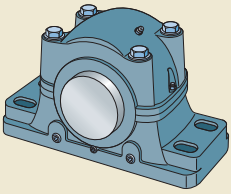
SAF



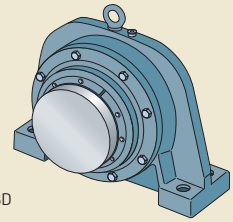
SONL



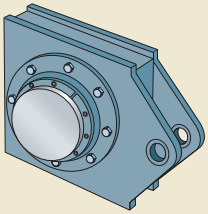
SAFS, SAW



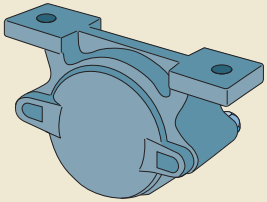
SDAF



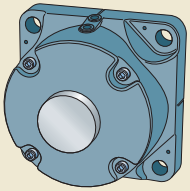
SBD



THD



TVN



FNL

Tabla 1

Soportes para rodamientos SKF estándares

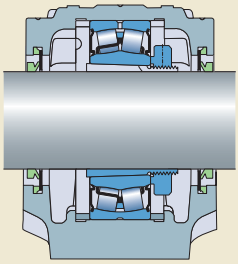
Soportes Estilo/serie	Sustituidos por	**Descripción**
FNL		Soporte de fundición con pestañas, de forma triangular o cuadrada, con sellos de doble labio
FSNL		Soporte de pie de dos piezas de fundición con cuatro orificios para tornillos en la base
SAF		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SAFS		Soporte de pie de dos piezas de fundición de acero
SAW		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SBD		Soporte de pie de una pieza de fundición con sellos laberínticos
SD 31	**SNL 31**	
SDAF		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SDG	**SNL 32, 40**	Soporte de pie de dos piezas de fundición
SDJC 31	**SNL 31**	Soporte de pie de dos piezas de fundición
		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SN 2, 3, 5, 6	**SNL 2, 3, 5, 6**	
SN 30	**SNLN 30**	Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNA 2, 3, 5, 6	**SNL 2, 3, 5, 6**	Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNH 2, 3, 5, 6	**SNL 2, 3, 5, 6**	Soporte de pie de dos piezas de fundición
		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNL 2, 3, 5, 6		
SNLN 30		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNL 30		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNL 31		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNL 32		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNL 40		Soporte de pie de dos piezas de fundición
		Soporte de pie de dos piezas de fundición
SNLD		Soporte de pie de dos piezas de fundición de grafito esferoidal
SNT		
SOFN	**SONL**	Soporte de pie de dos piezas de fundición de acero con sellos de fieltro
SONL		Soporte de pie de dos piezas de fundición para lubricación con aceite, con sellos laberínticos
		Soporte de pie de dos piezas de fundición para lubricación con aceite, con sellos laberínticos
SSNHD	**SSNLD**	
SSNLD		Soporte de pie de dos piezas de fundición de grafito esferoidal con una base sólida
		Soporte de pie de dos piezas de fundición de grafito esferoidal con una base sólida
THD		Soporte tensor de fundición
TVN		Soporte de pie de una pieza de fundición con sellos de fieltro
7225	**FNL**	
		Soporte de fundición con pestañas, de forma triangular o cuadrada, con sellos de fieltro

Tabla 2

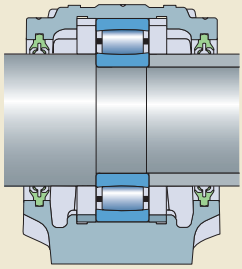
Versiones de soportes para rodamientos SKF estándares

Designación Sufijo	Descripción
A	Soporte para un extremo de eje
B	Soporte para un eje pasante
F	Soporte para una disposición de rodamientos en la posición fija
G	Soporte para un rodamiento con un agujero cilíndrico en un eje escalonado
K7	Soporte con un diámetro de asiento hasta la clase de tolerancia K7
L	Soporte para una disposición de rodamientos en la posición libre
/MS1	Dos orificios taladrados en la base para los tornillos de fijación
/MS2	Cuatro orificios taladrados en la base para los tornillos de fijación
SN	Soporte con orificio taladrado y roscado para un sensor
TURA	Soporte preparado para lubricación con aceite, con sellos laberínticos
TURT	Soporte preparado para lubricación con aceite, con sellos laberínticos
TURU	Soporte preparado para lubricación con aceite, con sellos laberínticos
V	Soporte con un orificio de escape de grasa en la base

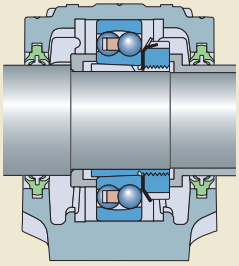
Fig. 2



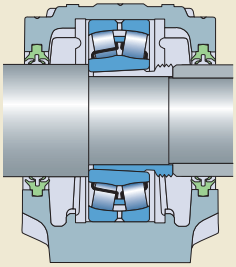
Rodamiento montado sobre un manguito de fijación en un eje liso



Rodamiento montado sobre un asiento cilíndrico en un eje escalonado



Rodamiento montado sobre un manguito de fijación en un eje escalonado



Rodamiento montado sobre un manguito de desmontaje en un eje escalonado

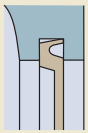
Tabla 3

Soluciones de sellado estándares para soportes de rodamientos SKF

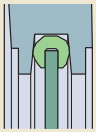
Designación de la serie	Descripción
Sellos para soportes de la serie métrica	
ASNH	Tapa lateral para soportes SNL
ETS	Tapa lateral para soportes SNL de gran tamaño
FS	Tira de fieltro (partida)
TS	Sello laberíntico para soportes SNL de gran tamaño (sólido)
TFL	Sello de doble labio para soportes con pestañas (sólido)
TNF	Sello de taconita de alto rendimiento con laberinto radial para soportes SNL de gran tamaño (sólido)
TSD .. U	Sello laberíntico de aceite con diseño en U[1)]
TSN .. A	Sellos de anillo en V (sólidos)
TSN .. C	Sellos de anillo de fieltro (de dos piezas)
TSN .. CB	Sellos de anillo de fieltro grafitado (de dos piezas)
TSN .. L	Sellos de cuatro labios (de dos piezas)
TSN .. NC	Sello de taconita de alto rendimiento con laberinto axial (sólido)
TSN .. ND	Sello de taconita de alto rendimiento con laberinto radial (sólido)
TSN .. S	Anillo laberíntico (sólido)
TSN .. TURU	Sello laberíntico de aceite con diseño en U[1)]
Sellos para soportes de la serie en pulgadas	
B-17024-	Elemento de contacto de caucho de nitrilo para sello PosiTrac Plus (sólido)
EPR	Tapa lateral (tapón)
LER	Anillo laberíntico (sólido)
LOR	Sello PosiTrac: anillo laberíntico con junta tórica dentro del agujero (sólido)
TER	Sello de taconita con sello de fieltro interior y sello rozante exterior (sólido)
TER-V	Sello de taconita con sello de fieltro interior y anillo en V exterior (sólido)

[1)] Se entrega únicamente como unidad completa, es decir, el soporte modificado con sellos.

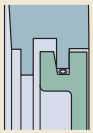
Fig. 3



ASNH



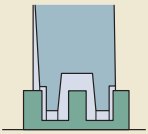
EPR



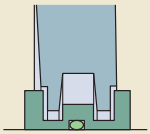
ETS



FS



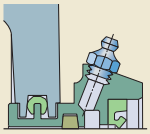
LER



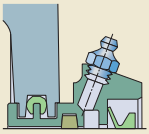
LOR



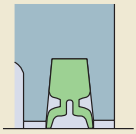
LOR + B-17024-



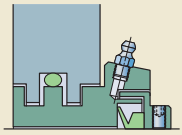
TER



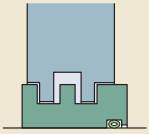
TER-V



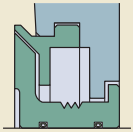
TFL



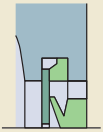
TNF



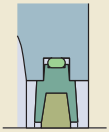
TS



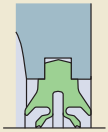
TSD .. U



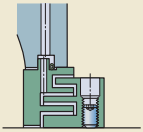
TSN .. A



TSN .. C



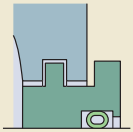
TSN .. L



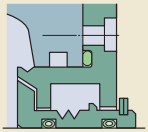
TSN .. NC



TSN .. ND



TSN .. S



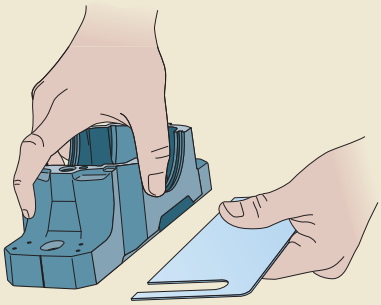
TSN .. TURU

Preparación antes del montaje

Antes de comenzar el montaje, hacer lo siguiente:

- Asegurarse de que el área de trabajo esté limpia.
- Estudiar los planos o instrucciones para determinar el orden correcto para montar los diversos componentes.
- Asegurarse de tener a mano todos las piezas y herramientas necesarias.
- Comprobar que la superficie de apoyo del soporte esté limpia. La superficie de apoyo no debe estar pintada.
- Comprobar que la superficie de apoyo se ajuste a los requisitos de planitud y rigidez. Para evitar la deformación del agujero del soporte, SKF recomienda que la planitud de la superficie esté dentro del grado de tolerancia IT7 (→ **Apéndice C**, **página 385**). La superficie debe tener un acabado de $R_a \leq 12{,}5$ µm.
- Antes de reutilizar un soporte, limpiarlo a fondo y sustituir todas las piezas desgastadas, por ejemplo, los sellos rozantes, las juntas tóricas o los cordones de caucho.

Fig. 4



Uso de chapas calibradas

La elevación de la altura central de los soportes de pie puede ajustarse con chapas calibradas. Al utilizar una chapa calibrada, asegurarse de que esta cubra toda la superficie de contacto entre la base del soporte y la superficie de apoyo (→ **fig. 4**).

Pernos

Si no se dispone de recomendaciones sobre los tornillos o tuercas de fijación, SKF recomienda utilizar lo siguiente para fijar el soporte a la superficie de apoyo (→ **fig. 5**):

- tornillos con cabeza hexagonal según la normativa EN ISO 4014:2000
- tornillos con cabeza hueca hexagonal según la normativa EN ISO 4762:1998
- tuercas hexagonales según la normativa EN ISO 4032:2000
- arandelas hexagonales según la normativa EN ISO 7089

Si la carga actúa verticalmente respecto de la superficie de apoyo, se pueden utilizar tornillos o tuercas de clase 8.8. Si la carga no actúa verticalmente, se deben utilizar tornillos o tuercas de clase 10.9.

Apretar todos los tornillos de tapa y los tornillos de fijación con los valores de par recomendados en la **tabla 4**. Los soportes de la serie en pulgadas utilizan tornillos de tapa de varias clases. Apretar los tornillos de tapa de estos soportes con los valores de par indicados en las instrucciones de montaje suministradas con los soportes.

Fig. 5

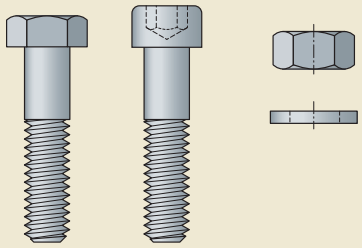


Tabla 4

Valores de par de apriete recomendados para los tornillos de fijación y los tornillos de tapa, clase 8.8

Tamaño del perno	**Par de apriete** Tornillos de fijación		Pernos de tapa[1)]	
mm/pulg.	Nm	ft.lbf	Nm	ft.lbf
10	45	34	50	37
12	80	60	80	60
16	200	150	150	110
20	385	285	200	150
24	665	485	350	260
30	1 310	970	400	300
36	2 280	1 690	600	445
42	3 640	2 700	850	630
48	5 450	4 030	1 250	920
56	8 710	6 420	–	–
64	13 100	9 660	–	–
72	18 800	13 900	–	–
1/2	95	70	–	–
5/8	185	135	–	–
3/4	320	235	–	–
7/8	515	380	–	–
1	770	570	–	–
1 1/8	1 090	800	–	–
1 1/4	1 530	1 130	–	–
1 3/8	2 020	1 490	–	–
1 1/2	2 650	1 950	–	–

[1)] Para los soportes de la serie en pulgadas, el par de apriete recomendado se suministra con el soporte.

Uso de anillos de fijación (estabilizadores)

En la mayoría de los soportes para rodamientos estándares de SKF, el ancho del asiento del rodamiento es lo suficientemente amplio como para permitir el desplazamiento axial "s" del rodamiento más ancho que se adapte al soporte (→ **fig. 6**). Para las disposiciones de rodamientos fijos, que tienen que proporcionar la fijación axial del eje en ambos sentidos, deben utilizarse anillos de fijación para fijar el aro exterior del rodamiento en el asiento del soporte (→ **fig. 7**). Los anillos de fijación SKF se identifican con el prefijo FRB seguido del tamaño (ancho/diámetro exterior) en milímetros sin codificar, p. ej., FRB 11.5/100 (→ **fig. 8**).

Los rodamientos de rodillos toroidales CARB son una excepción. Estos rodamientos del lado libre no pueden soportar cargas axiales, pero pueden soportar desplazamientos axiales dentro del rodamiento. Por lo tanto, el aro exterior debe fijarse axialmente en su asiento mediante un anillo de fijación en cada lado.

Normalmente, se necesitan dos anillos de fijación para un soporte. Se debe colocar un anillo en cada lado del rodamiento. Si solo se necesita un anillo de fijación, deberá insertarse en el mismo lado que la tuerca de fijación. Al colocar un anillo de fijación en posición, asegurarse de que su extremo abierto quede hacia arriba (→ **fig. 12**, **página 134**).

Los soportes SNL muy grandes, a partir de los tamaños 3076, 3168, 3264 y 4076 están disponibles en dos versiones según la posición del rodamiento. El asiento del soporte se mecaniza a medida: los soportes para la posición de rodamiento fijo se identifican con el sufijo F y no requieren anillos de fijación. Los soportes para la posición de rodamiento libre se identifican con el sufijo L.

PRECAUCIÓN: Cuando se monta un rodamiento de rodillos toroidales CARB, debe utilizarse un soporte del lado fijo (sufijo de designación F).

Fig. 6

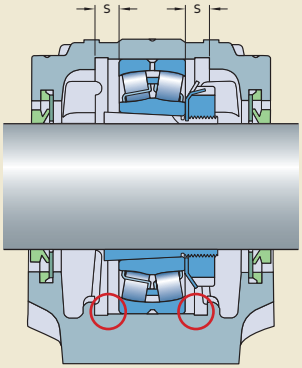


Fig. 7

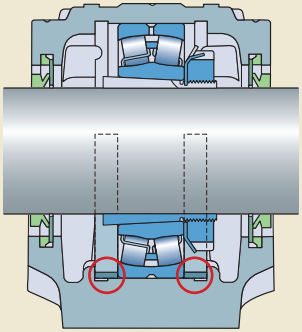
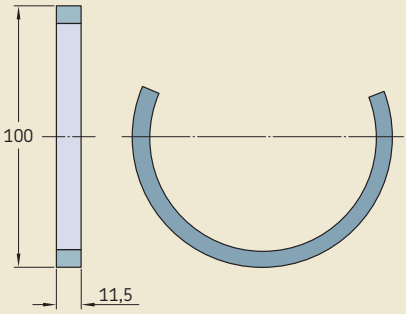


Fig. 8



FRB 11.5/100

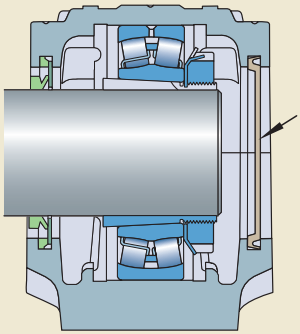
Uso de tapas laterales

Los soportes para rodamientos SKF en el extremo de un eje deben estar provistos de una tapa lateral (tapón). Las tapas laterales suelen encajar en la ranura de sellado (→ **fig. 9**).

Instalación de sellos de dos piezas o sólidos

Los soportes de pie de dos piezas están disponibles con sellos de dos piezas o sólidos. Los sellos de dos piezas son fáciles de montar: las mitades del sello encajan en las ranuras de sellado correspondientes de la base y la tapa del soporte. Los sellos sólidos tienen que deslizarse sobre el eje. Hay que asegurarse de que el sello esté orientado correctamente, ya que muchos sellos sólidos no son simétricos.

Fig. 9



Montaje de soportes de pie de dos piezas estándares

Al montar los soportes de pie, seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 130**, así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

NOTA: Los sellos adecuados para los soportes de pie se suministran, normalmente, con las instrucciones de montaje.

1 Preparación del eje:
- Montar todos los componentes que se encuentran en el eje entre las dos posiciones del rodamiento.
  Si se utilizan sellos sólidos, esto incluye los sellos interiores.
- Montar los rodamientos a cada lado del eje. Para la lubricación con grasa, llenar completamente los rodamientos con grasa.
- Si el eje es escalonado, montar anillos distanciadores, si es necesario.

NOTA: Los anillos distanciadores no se suministran con los soportes.

- Si se utilizan sellos sólidos, montar los sellos exteriores en cada extremo del eje. Si se va a utilizar un soporte en el extremo del eje, omitir el sello. En su lugar, se utilizará una tapa lateral en el soporte.

2 Determinar la posición de los soportes:
- Si el soporte se utiliza para un eje escalonado y el agujero del soporte tiene diferentes diámetros, la posición se fija por los diámetros del agujero del soporte.
- Si el soporte tiene el mismo diámetro de agujero en ambos lados, hay que tener en cuenta la posición de la boquilla engrasadora en la tapa. Cuando se relubrican los rodamientos de bolas a rótula y los rodamientos de rodillos toroidales CARB desde un lado, el soporte debe colocarse de forma que la boquilla engrasadora esté en el lado opuesto de la tuerca de fijación.
- Cuando un soporte está situado en el extremo de un eje, la boquilla engrasadora de la tapa debe colocarse del lado de la tapa.

Fig. 10

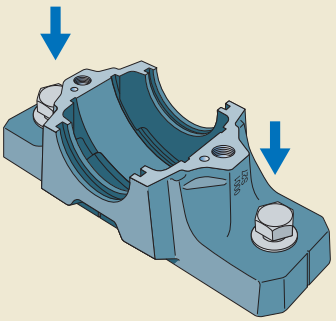


Fig. 11

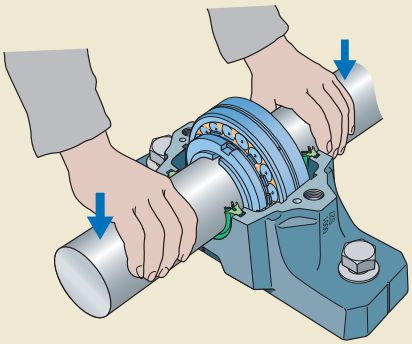
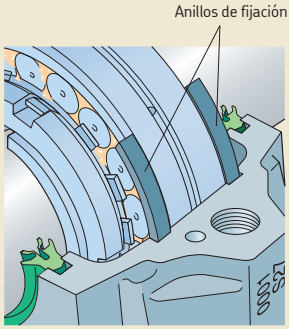


Fig. 12



3 Colocar las bases del soporte sobre la superficie de apoyo. Instalar los tornillos de fijación (→ **fig. 10**), pero sin apretarlos. Si se utilizan sellos de dos piezas, insertar una mitad del sello en cada ranura de la base del soporte, según corresponda.
4 Colocar el eje preparado en la(s) base(s) del soporte (→ **fig. 11**). Tener cuidado para no dañar los sellos ya instalados.
5 Si es necesario, colocar un anillo de fijación en cada lado del rodamiento fijo (→ *Uso de anillos de fijación (estabilizadores)*, **página 132**). Asegurarse de que el extremo abierto del anillo de fijación esté colocado hacia arriba (→ **fig. 12**).

NOTA: Los rodamientos de rodillos toroidales CARB del lado libre requieren siempre un anillo de fijación en ambos lados.

6 Alinear cuidadosamente las bases del soporte. A continuación, apriete ligeramente los tornillos de fijación.

NOTA: Los soportes SNL y muchos otros soportes SKF tienen marcas verticales en los extremos de la base del soporte y en las caras laterales, que indican el centro del asiento del rodamiento (→ **fig. 13**).

7 Rellenar las bases del soporte con la cantidad de grasa recomendada. SKF recomienda rellenar el espacio libre a ambos lados del asiento del rodamiento hasta un
– 40%, cuando se relubrica desde la parte lateral del rodamiento.
– 20%, cuando se relubrica a través de la ranura anular y los orificios de lubricación del aro exterior.

NOTA: Varios soportes tienen una marca que indica un nivel de grado de llenado del 40% (→ **fig. 14**).

8 Si es necesario, colocar la tapa lateral en la ranura de sellado de la base del soporte.
9 Si se utilizan sellos de dos piezas, insertar las mitades restantes del sello en las ranuras de sellado de las dos tapas del soporte (→ **fig. 15**). Si procede, rellenar con grasa el espacio entre los labios interiores de los sellos.

Fig. 13

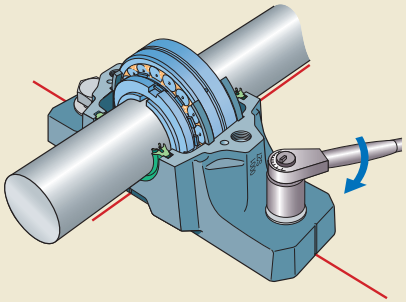


Fig. 14

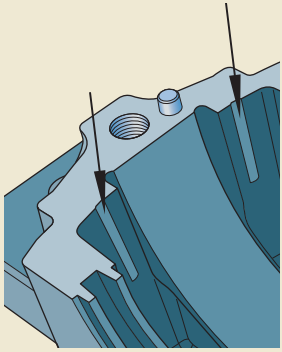
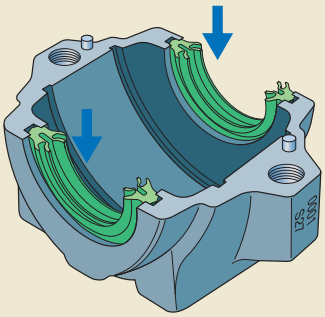


Fig. 15



10 Colocar la tapa del soporte sobre cada base (→ **fig. 16**) y apretar los tornillos de la tapa con el par recomendado (→ **tabla 4** de la **página 131**).

PRECAUCIÓN: Las tapas y bases no son intercambiables. Asegurarse de que la tapa y la base tengan el mismo número de serie.

11 Comprobar de nuevo la alineación y apretar completamente los tornillos de fijación (→ **fig. 17**) con los valores de par recomendados que aparecen en la **tabla 4** de la **página 131**.

12 Si es necesario, completar el montaje del sello. Esto puede incluir:
- Para los sellos de anillo en V: recubrir la superficie de contacto del anillo en V con grasa. A continuación, empujar el anillo en V en su posición.
- Para los anillos laberínticos: alargar e introducir el tubo hueco de silicona en la ranura interior de cada anillo laberíntico con un destornillador mientras se gira el eje.
- Para los sellos purgados con grasa: suministrar grasa a través de la boquilla engrasadora en la cavidad del sello mientras se gira el eje.

13 SKF recomienda volver a apretar la tapa y los tornillos de fijación uno o dos días después para asegurarse de que se mantenga el par de apriete adecuado.

Fig. 16

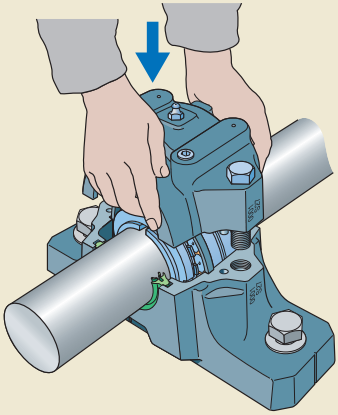
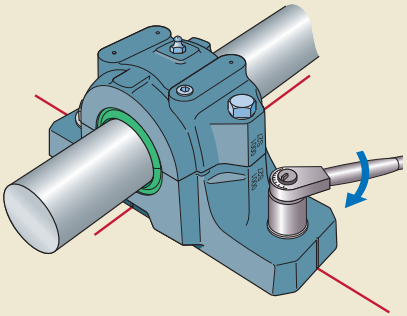


Fig. 17



Montaje de soportes de pie SONL

Al montar los soportes de pie SONL, seguir cuidadosamente las directrices indicadas en la sección *Preparativos antes del montaje* en la **página 130**, así como las directrices adicionales que se indican a continuación:

NOTA: Los sellos adecuados para los soportes de pie se suministran, normalmente, con las instrucciones de montaje.

1 Montar todos los componentes que se encuentran en el eje entre las dos posiciones del rodamiento.
2 Determinar la posición de los rodamientos o de los manguitos en el eje y marcarla.
3 (→ **fig. 18**) Deslizar los manguitos distanciadores interiores con la pestaña laberíntica (**a**) junto con los anillos del sello (**b**) y las juntas tóricas (**c**) en cada lado del eje y colocar los anillos elevadores de aceite (**d**) en posición sobre los manguitos distanciadores con la pestaña laberíntica.

   NOTA: ¡No montar nunca el anillo elevador de aceite (**d**) en los sistemas de lubricación por circulación de aceite!

4 Montar los rodamientos en el eje o en los manguitos de fijación (→ **fig. 19**).
5 Deslizar los manguitos distanciadores exteriores con la pestaña laberíntica a cada lado del eje y colocar los anillos del sello y las juntas tóricas en posición sobre los manguitos distanciadores. Si el soporte se encuentra en el extremo del eje, omita el segundo sello e inserte la tapa lateral junto con las dos juntas tóricas en la base del soporte.
6 Colocar las bases del soporte sobre la superficie de apoyo. El lado con el canal de recolección de aceite en el asiento del rodamiento debe colocarse en el lado interior de la disposición de rodamientos (→ **fig. 20**). Instalar los tornillos de fijación, pero sin apretarlos.

Fig. 18

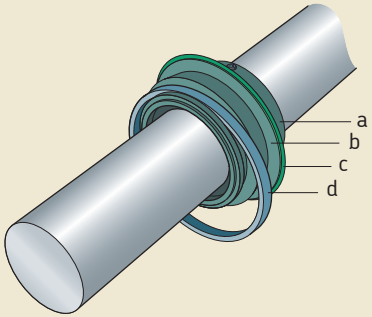


Fig. 19

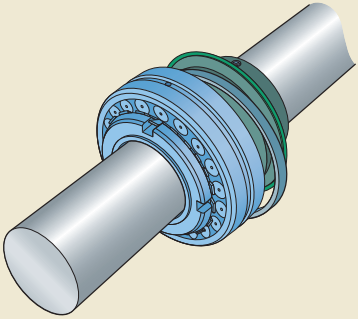
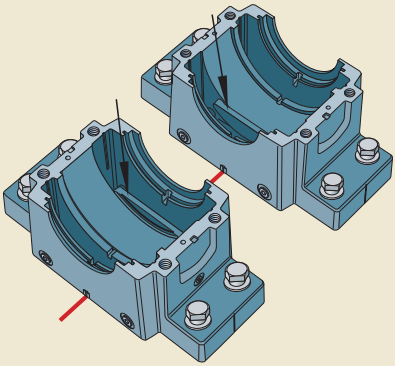


Fig. 20



7 Si se utiliza un anillo elevador de aceite, instalar el indicador de nivel de aceite y el tapón magnético en cada base del soporte. Siempre que sea posible, instalar el indicador de nivel de aceite en el lado opuesto al anillo elevador de aceite para que la lectura no se vea afectada por las turbulencias causadas por el anillo. Si se utiliza un cartucho de enfriamiento de aceite, instalarlo ahora, siguiendo las instrucciones suministradas con el cartucho.

NOTA: Para evitar fugas de aceite, aplicar un sellador resistente al aceite en las roscas de todos los componentes acoplados, como el indicador de nivel de aceite y los tubos.

8 Disponer los sellos contra el rodamiento. Si se utiliza un manguito de fijación, apretar los prisioneros de los manguitos que tienen pestaña laberíntica. Pares de apriete recomendados:

- tamaños de 17 a 26 — 8 Nm *(6 ft.lbf)*
- tamaños de 28 a 32 — 18 Nm *(13 ft.lbf)*
- tamaños de 34 a 48 — 35 Nm *(26 ft.lbf)*

9 Colocar el conjunto del eje en las dos bases del soporte (→ **fig. 21**).

NOTA: Asegurarse de que los anillos elevadores de aceite lleguen a los canales de recolección y cuelguen libremente.

Fig. 22

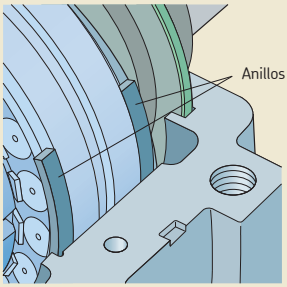


Fig. 23

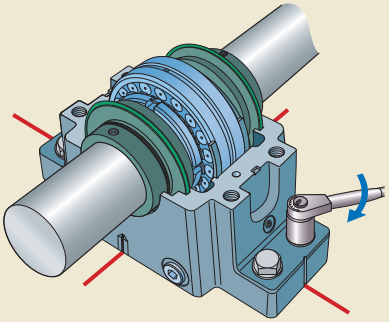


Fig. 21

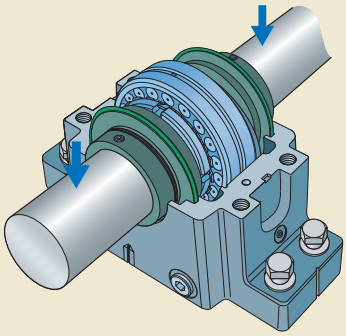
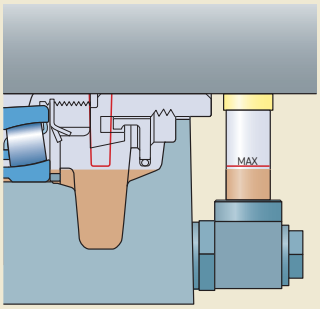


Fig. 24



10 Si es necesario, colocar un anillo de fijación en cada lado del rodamiento fijo (→ *Uso de anillos de fijación (estabilizadores)*, **página 132**). Asegurarse de que el extremo abierto del anillo de fijación esté colocado hacia arriba (→ **fig. 22**).

NOTA: Los rodamientos de rodillos toroidales CARB del lado libre requieren siempre un anillo de fijación en ambos lados.

11 Alinear cuidadosamente las bases del soporte. A continuación, apretar ligeramente los tornillos de fijación.

NOTA: Los soportes SONL tienen marcas verticales en los extremos de la base del soporte y en las caras laterales, que indican el centro del asiento del rodamiento (→ **fig. 23**).

12 Si se va a utilizar un sistema de lubricación por circulación de aceite, conectar los tubos de salida de aceite al soporte.

PRECAUCIÓN: El (los) tubo(s) de salida debe(n) drenar correctamente; de lo contrario, el soporte puede rebosar.

13 Si se utilizan anillos elevadores de aceite, llenar los soportes con aceite hasta el nivel máximo indicado. El indicador de nivel de aceite y las marcas de fundición dentro de la base del soporte indican el nivel máximo (→ **fig. 24**).

PRECAUCIÓN: El nivel de aceite puede bajar durante el funcionamiento. No sobrellenar el soporte, ya que podrían producirse fugas.

14 Recubrir las superficies de contacto del soporte con un sellador resistente al aceite.

15 Colocar la tapa del soporte sobre cada base (→ **fig. 25**) y apretar los tornillos de la tapa (para unir la tapa y la base) con el par recomendado que aparece en la **tabla 4** de la **página 131**. La tapa y la base de un soporte no son intercambiables con las de otros soportes. Asegurarse de que lleven el mismo número de serie.

NOTA: Coloque con cuidado la tapa del soporte en la base para evitar que se dañen las juntas tóricas.

Fig. 25

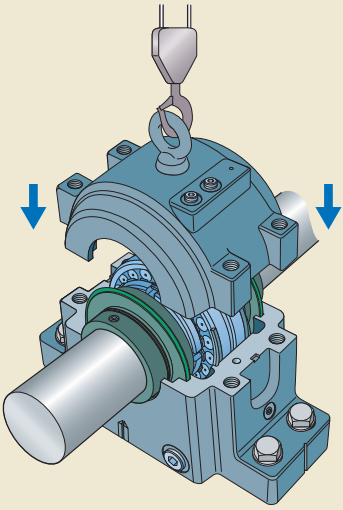
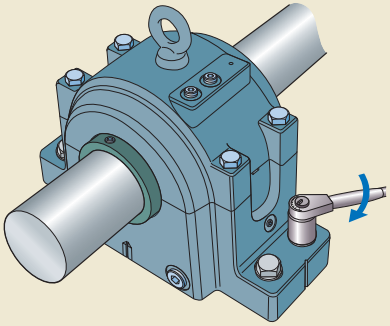


Fig. 26



16 Si se va a utilizar un sistema de lubricación por circulación de aceite, conectar los tubos de entrada de aceite a la tapa del soporte.

17 Comprobar de nuevo la alineación y apretar completamente los tornillos de fijación en la base del soporte (→ **fig. 26**) con los valores de par recomendados en la **tabla 4** de la **página 131**.

18 SKF recomienda volver a apretar la tapa y los tornillos de fijación uno o dos días después para asegurarse de que se mantenga el par de apriete adecuado.



Instalación de los sellos

Generalidades **142**

Qué recordar **142**

Kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF **146**

Preparativos antes de la instalación **146**

Instalación de un sello radial del eje en un soporte **146**
Instalación de sellos que tienen un labio auxiliar 149
Instalación de un sello sólido totalmente de caucho 149

Instalación de un sello radial del eje sobre un eje **150**

Sustitución de un sello radial del eje **151**

Reparación de un eje desgastado con un manguito antidesgaste SKF **152**
Instalación de un manguito SKF SPEEDI-SLEEVE 152
Instalación de un manguito antidesgaste de gran diámetro 153

Instalación de un sello de dos piezas totalmente de caucho de gran tamaño . . **154**

Instalación de arandelas de sellado **156**

Instalación de un sello de anillo en V **157**

Generalidades

Para que funcionen correctamente, los sellos deben instalarse de forma adecuada. Esto resulta más fácil si se tiene experiencia en la instalación y un entorno de trabajo limpio, además de utilizar las herramientas adecuadas. La superficie de contacto del sello, la zona donde los labios del sello entran en contacto con el eje, debe cumplir las especificaciones de rugosidad y redondez superficial, y debe estar limpia. Cuando la superficie de contacto muestra cualquier signo de desgaste, debe repararla. Esto se puede realizar fácilmente con un manguito SKF SPEEDI-SLEEVE o con un manguito antidesgaste de gran diámetro (LDSLV). Si no se puede reparar fácilmente, hay que sustituir el eje.

Dado que los sellos radiales del eje son tan comunes y desempeñan un papel tan importante en la protección de los rodamientos, el lubricante y otros componentes críticos contra los contaminantes, este capítulo se limita a dichos sellos, a menos que se especifique lo contrario.

Para obtener más información sobre las herramientas de montaje e instalación de SKF, visite www.mapro.skf.com.

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

El programa SKF Sealfinder, disponible en línea en www.skf.com, contiene datos de sellos de aproximadamente 80 fabricantes o distribuidores de sellos diferentes, para una rápida referencia cruzada.

Qué recordar

Los sellos SKF están disponibles en muchos tipos, diseños y versiones. A continuación se enumeran los sellos radiales del eje más comunes:

- sellos radiales del eje con carcasa metálica y muelle toroidal
- sellos radiales del eje con carcasa metálica sin muelle toroidal
- sellos radiales del eje con diámetro exterior de caucho y un muelle toroidal
- sellos radiales del eje con diámetro exterior de caucho, sin muelle toroidal

Cuando se sustituye un sello, hay que asegurarse de que el sello de repuesto coincida con el original en lo que respecta a lo siguiente:

- tipo y diseño del sello (→ **tablas 1a** y **1b**)
- material del labio del sello (→ **tabla 2**, **página 145**)

PRECAUCIÓN: Un simple error de pedido puede provocar un fallo repentino del sello, p. ej., puede instalarse un sello de caucho de nitrilo en lugar de un sello de caucho fluorado mucho más resistente a la temperatura, aunque el diseño sea por lo demás idéntico.

ADVERTENCIA:
A temperaturas superiores a los 300 °C (*570 °F*), todos los fluoroelastómeros y compuestos de politetrafluoroetileno (PTFE) producen vapores peligrosos. Si se produce contacto con la piel o si se inhalan los vapores, se debe buscar inmediatamente asesoramiento médico.

Tabla 1a

Sellos radiales del eje para aplicaciones industriales generales

Tipo de sello sin labio auxiliar		con un labio auxiliar		**Descripción**
CRS1		**CRSA1**		Sello con carcasa metálica y muelle toroidal
CRSH1		**CRSHA1**		Sello reforzado con carcasa metálica y muelle toroidal
CRW1		**CRWA1**		Sello con carcasa metálica con un labio de sello SKF WAVE y muelle toroidal
CRWH1		**CRWHA1**		Sello reforzado con carcasa metálica con un labio de sello SKF WAVE y muelle toroidal
CRW5		**CRWA5**		Sello con carcasa metálica con un labio de sello SKF WAVE con perfil de presión y muelle toroidal
HMS5		**HMSA10**		Sello con diámetro exterior de caucho con muelle toroidal
HMS4		**HMSA7**		Sello con diámetro exterior de caucho con muelle toroidal
SL **SLX** **SLS** **DL**		**SLA** **DLA**		Sello con carcasa metálica y labio(s) de sello de PTFE
YSLE **YNSLE** **YSL**				Sello totalmente de PTFE con junta(s) tórica(s)

5

Tabla 1b

Sellos radiales del eje para aplicaciones de la industria pesada

Tipo de sello sin labio auxiliar		con un labio auxiliar		**Descripción**
HDL		**HDLA**		Sello con carcasa metálica y muelle toroidal
HDS1 **HDS2**		**HDSA1** **HDSA2**		Sello con carcasa metálica y muelle toroidal en una ranura SKF Springlock (HDS2 y HDSA2 también tienen SKF Springcover)
		HDSB1 **HDSB2**		Sello con carcasa metálica y muelle toroidal en una ranura SKF Springlock (HDSB2 también tiene SKF Springcover)
		HDSC1 **HDSC2**		Sello con carcasa metálica y muelle toroidal en una ranura SKF Springlock (HDSC2 también tiene SKF Springcover)
HDS3				Sello con carcasa metálica y muelle toroidal en una ranura SKF Springlock con SKF Springcover y separadores laterales ajustables
HDS4				Sello con diámetro exterior de caucho con muelle toroidal y separadores laterales moldeados en el cuerpo del sello
HDS6				Sello con diámetro exterior de caucho sin muelle toroidal, con separadores laterales moldeados en el cuerpo del sello
HDS7				Sello con carcasa metálica sin muelle toroidal
HDSD1 **HDSD2**				Sello con carcasa metálica con dos labios de sello orientados en sentidos opuestos, con muelles toroidales
HDSE1 **HDSE2**				Sello con carcasa metálica con dos labios de sello orientados en el mismo sentido, con muelles toroidales
HS4 **HS5**				Sello sólido totalmente de caucho con muelle toroidal en una ranura SKF Springlock (HS5 también tiene SKF Springcover)

Tabla 1b cont.

Sellos radiales del eje para aplicaciones de la industria pesada

Tipo de sello sin labio auxiliar		con un labio auxiliar		Descripción
HS6 **HS7** **HS8**				Sello de dos piezas totalmente de caucho con muelle toroidal en una ranura SKF Springlock (HS7 y HS8 también tienen SKF Springcover)
HSF1 **HSF2** **HSF3**		**HSF4**		Sello de dos piezas reforzado con tejido con muelle toroidal
HSF5 **HSF6** **HSF7** **HSF9**		**HSF8**		Sello sólido reforzado con tejido con muelle toroidal
SBF				Sello insertado en metal con muelle toroidal
R01-P **R01-R**		**R02-P** **R02-R**		Sello con diámetro exterior de caucho con muelle toroidal
R01-AF **R01-AS**				Sello con diámetro exterior de caucho con muelle toroidal

Tabla 2

Versiones de materiales de los labios de sello SKF

Sufijo de designación	Material del labio de sello	Ejemplo de designación
R, RG	Caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR)	CR 15X35X7 CRW1 R
H	Caucho de acrilonitrilo-butadieno hidrogenado (HNBR) (DURATEMP)	CR 420X470X20 HDS3 H
D	Caucho de acrilonitrilo-butadieno carboxilado (XNBR) (SKF Duralip)	CR 240X280X16 HDS2 D
V	Caucho fluorado (FKM) (SKF Duralife)[1)]	CR 640X680X20 HDL V
T	Politetrafluoroetileno (PTFE)	CR 70X90X10 RD10 T

[1)] La información de seguridad importante sobre los fluoroelastómeros se suministra en la **página 142**.

Kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF

El kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF puede utilizarse para instalar sellos radiales del eje con un diámetro exterior de hasta 120 mm. El kit consta de:

- 3 manguitos de impacto, para una distribución uniforme de la fuerza, marcados con las letras A, B o C
- 36 aros de impacto, marcados con la letra del manguito de impacto correspondiente y el diámetro interior y exterior del aro, p. ej., B 25/52
- 1 martillo de poliuretano de dos caras

Preparativos antes de la instalación

Para obtener un sello confiable y lograr los mejores resultados, hay que hacer lo siguiente:

- Asegurarse de que las dimensiones del sello seleccionado coincidan con las del diámetro del eje y el agujero del soporte.
- Asegurarse de que el sello seleccionado pueda soportar el medio, así como la temperatura y la velocidad de funcionamiento.
- Comprobar que el sello no presente daños, p. ej., abolladuras, surcos ni cortes. Nunca utilizar un sello dañado.
- En caso de que el sello se ensucie, limpiarlo con cuidado. Utilizar agua jabonosa tibia (no más de 30 °C (*85 °F*) y dejar secar el sello a temperatura ambiente.
- Achaflanar y combinar la esquina del agujero del soporte para evitar que se dañe la superficie exterior del sello.
- El agujero del soporte y la superficie de contacto del eje deben cumplir los requisitos indicados por SKF en cuanto a precisión dimensional y de forma, rugosidad y dureza.
- Todos los bordes del eje sobre los que deba pasar el labio del sello deben estar achaflanados o redondeados.
- Recubrir el sello con una fina capa del lubricante que se utilizará para la aplicación. Los labios del sello de PTFE no deben ser prelubricados a menos que se utilicen en aplicaciones que funcionen en seco.

Instalación de un sello radial del eje en un soporte

Cuando se instala un sello en el agujero de un soporte, la fuerza de instalación debe aplicarse lo más cerca posible del diámetro exterior del sello. Por eso, SKF recomienda utilizar un mandril junto con una prensa mecánica o hidráulica (o martillo).

PRECAUCIÓN: Durante la instalación, asegurarse de que la orientación del labio del sello sea correcta (→ **fig. 1**). Cuando la función principal del sello es evitar la contaminación, el labio del sello debe mirar hacia afuera, hacia los contaminantes. Cuando la función principal es retener el lubricante, el labio del sello debe mirar hacia adentro, hacia el lubricante.

Los siguientes son los métodos de instalación sugeridos que dependen de la aplicación y de la ubicación del sello:

- la cara posterior del sello se asienta contra un reborde o un anillo de retención: utilizar un mandril (→ **fig. 2**).
- a cierta distancia dentro de una abertura: utilizar un mandril con un tope para colocar el sello correctamente (→ **fig. 3**).

Fig. 1

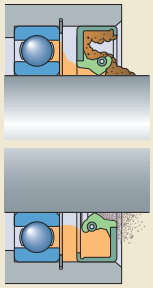


Fig. 2

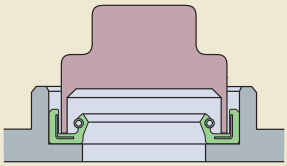


Fig. 5

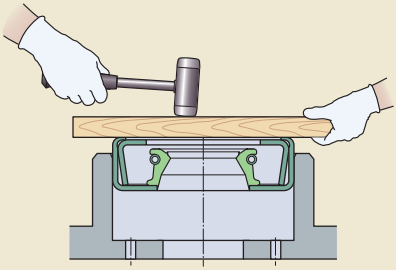


Fig. 3

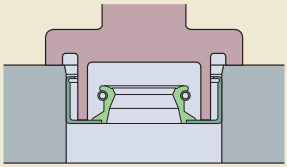


Fig. 6

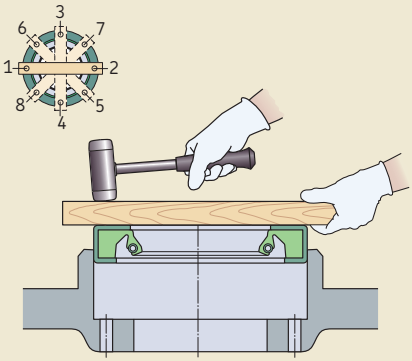


Fig. 4

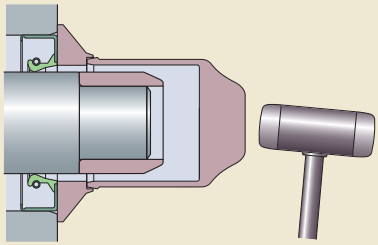


Fig. 7

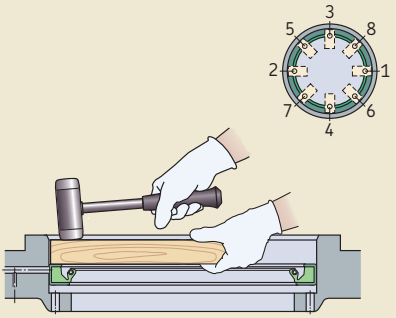
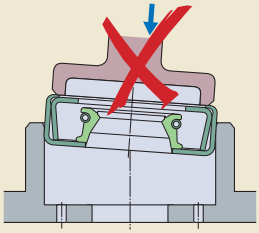


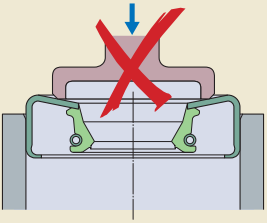
Fig. 8



- a ras de la pared del agujero del soporte: utilizar el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF (→ **fig. 4**). De lo contrario, cubrir el sello con una tabla de madera o plástico y golpear el sello hasta colocarlo en su lugar con un martillo (→ **fig. 5**).

Si no se dispone de una herramienta de instalación adecuada para sellos grandes, SKF recomienda utilizar un bloque de madera (→ **fig. 6**) o un disco de ajuste metálico. Cuando se utilizan herramientas alternativas, se debe trabajar de manera uniforme alrededor de la circunferencia del sello para evitar que este se incline o se desvíe. Si el sello debe encajarse detrás de la pared del soporte, hay que utilizar un trozo de madera (→ **fig. 7**).

Fig. 9



Cuando se instala un sello en un agujero del soporte:

- Asegurarse de que el sello y la herramienta de instalación no estén en posición inclinada (→ **fig. 8**). Deben estar perpendiculares al soporte.
- Asegurarse de que el diámetro exterior de la herramienta se extienda hasta el diámetro exterior del sello, o existe el riesgo de que el sello se doble o se deforme (→ **fig. 9**).
- Nunca utilizar un punzón (→ **fig. 10**).
- La herramienta de instalación siempre se golpea suavemente con un martillo.
- No golpear nunca el sello directamente con ningún tipo de martillo (→ **fig. 11**).

Fig. 10

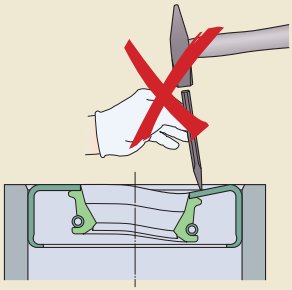
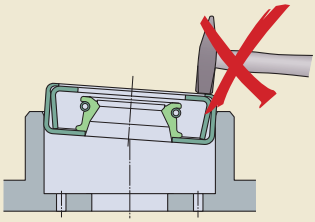


Fig. 11



PRECAUCIÓN: Utilizar los selladores con moderación (para evitar el contacto con el labio del sello, la superficie de contacto y el rodamiento).

Instalación de sellos que tienen un labio auxiliar

Cuando se instalan sellos de doble labio o sellos que tienen un labio auxiliar de contacto, llenar el espacio entre el labio principal y el auxiliar con una grasa adecuada (→ **fig. 12**). Esto no se aplica a los sellos de caucho de silicona ni a los sellos con ayudas hidrodinámicas.

Instalación de un sello sólido totalmente de caucho

Los sellos totalmente de caucho pueden instalarse a mano; no se necesitan herramientas de instalación especiales. Sin embargo, después de la instalación, el sello debe sujetarse axialmente en el agujero del soporte mediante una tapa de retención (→ **fig. 13**).

Fig. 12

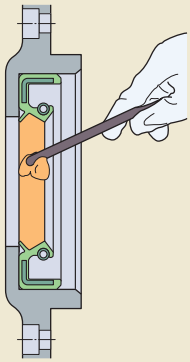
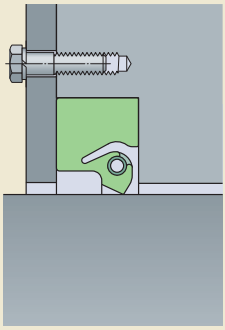


Fig. 13



Instalación de un sello radial del eje sobre un eje

Cuando se instala un sello sobre un eje, SKF recomienda lo siguiente:

- Cubrir todas las ranuras, chavetas, orificios transversales, estrías, roscas y cualquier otro borde afilado con una tapa protectora de pared fina (< 0,5 mm) (→ **fig. 14**).
- Utilizar un manguito cuando el reborde de un eje escalonado no esté achaflanado o redondeado (→ **fig. 15**).

La superficie exterior de las tapas y manguitos de protección debe estar recubierta con el mismo lubricante que el sello y la superficie de contacto. La superficie exterior y el chaflán de entrada de la herramienta de instalación deben estar libres de rebabas o bordes afilados.

Los sellos radiales del eje fabricados con PTFE deben instalarse siempre con una tapa o manguito de protección.

Si, una vez instalados los sellos, se va a pintar el soporte o la máquina, los sellos deben protegerse de la pintura. Se pueden utilizar discos de cartón recortado (→ **fig. 16**).

Fig. 14

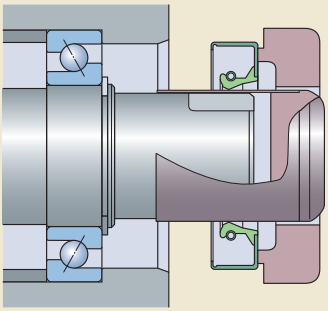


Fig. 15

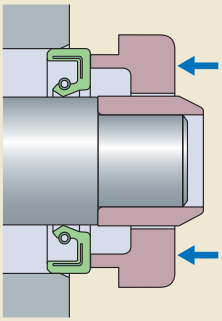


Fig. 16

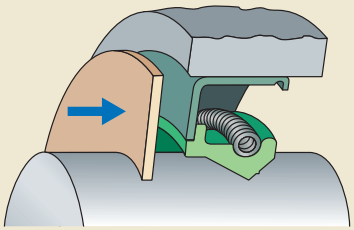
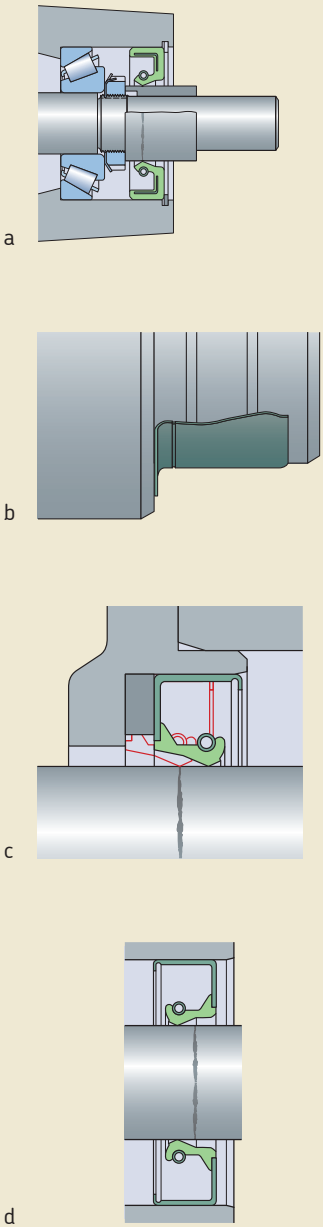


Fig. 17



Sustitución de un sello radial del eje

PRECAUCIÓN: Una vez que se ha retirado un sello radial del eje de una aplicación, no debe volver a utilizarse.

Si la superficie de contacto del sello muestra cualquier signo de desgaste o daño, debe repararse. Hay varias formas de hacerlo (→ **fig. 17**):

- Reacondicionar la superficie de contacto del eje; para ello, es necesario desmontar el eje.
- Sustituir el anillo que servía de superficie de contacto (**a**).
- Instalar un manguito SKF SPEEDI-SLEEVE (para diámetros del eje ≤ 203 mm) (**b**), o un manguito antidesgaste de gran diámetro (LDSLV) (para diámetros del eje > 203 mm).
- Instalar un anillo distanciador en el agujero del soporte entre el reborde del soporte y el sello (**c**).
- Colocar el sello nuevo a presión a una profundidad diferente en el agujero del soporte (**d**).

Cuando corresponda, el labio del sello debe estar siempre desplazado hacia el lado del medio que se va a sellar (**c**).

Al elegir un sello de repuesto, el diseño y el material deben corresponderse con el original. En caso de duda, se debe utilizar un sello de mayor calidad para asegurarse de que pueda soportar las condiciones de funcionamiento.

Si no se dispone de un sello del mismo diseño en el mismo ancho que el original, podría utilizarse un sello algo más estrecho. O, si la profundidad del agujero del soporte lo permite, se podría elegir un sello algo más ancho como reemplazo.

Reparación de un eje desgastado con un manguito antidesgaste SKF

Instalación de un manguito SKF SPEEDI-SLEEVE

Los manguitos antidesgaste SKF SPEEDI-SLEEVE proporcionan una forma rápida, fácil y económica de reparar la huella desgastada del sello en un eje. Estos manguitos, que eliminan la necesidad de desmontar una máquina para poder enviar el eje a reparar, pueden reducir significativamente los costos de reparación y el tiempo de inactividad. Otra ventaja de los manguitos antidesgaste SKF SPEEDI-SLEEVE es que el material solo tiene 0,28 mm de espesor.

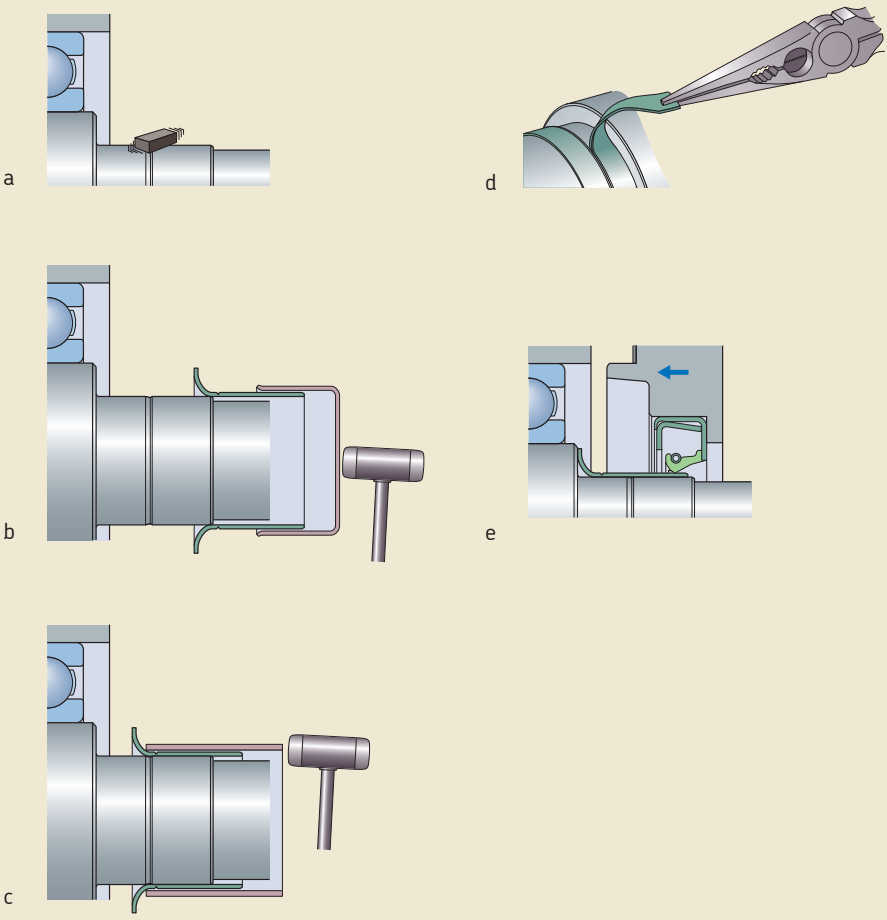
Aunque la instalación es sencilla, se debe hacer con cuidado para obtener los mejores resultados (→ **fig. 18**).

1. Limpiar la superficie de contacto del sello sobre el eje. Eliminar todas las rebabas o rugosidades (**a**) y asegurarse de que el manguito no esté colocado sobre chaveteros, orificios transversales, estrías ni imperfecciones similares.
2. Medir el diámetro en el lugar donde se va a colocar el manguito en una parte no desgastada del eje. Realizar las mediciones en tres posiciones y calcular el promedio de las lecturas (para comprobar que el eje cumpla con las especificaciones recomendadas). Si el diámetro medio cumple con la gama correspondiente a un determinado tamaño de manguito, el ajuste a presión en el manguito será suficiente como para evitar que se deslice o gire, y no será necesario utilizar un adhesivo.
3. Determinar dónde se debe colocar el manguito para cubrir la huella desgastada del sello. Medir la distancia hasta el punto exacto, o bien hacer una marca directamente sobre la superficie. El manguito se debe colocar sobre el área desgastada, y no sobre la base del extremo del eje o alineado con esta.
4. No hace falta rellenar las ranuras de desgaste poco profundas. Alternativamente, se puede aplicar una ligera capa de un sellador que no se endurezca sobre la superficie del diámetro interior del manguito. Limpiar el sellador que se esparza hasta el eje o la superficie del diámetro exterior del manguito.
5. Si el eje presenta surcos muy profundos, rellenar la ranura con una resina epoxi de relleno de metal en polvo. Colocar el manguito antes de que la resina se endurezca y dejar que el manguito expulse el exceso de resina de relleno. Limpiar los restos de resina que queden en la superficie del diámetro exterior del manguito.

PRECAUCIÓN: ¡Nunca utilizar calor para instalar un manguito SKF SPEEDI-SLEEVE!

6. La pestaña puede quedar intacta en la mayoría de los casos, pero en las aplicaciones en las que la pestaña interfiere con otros componentes, se debe quitar. Si es necesario retirarla, cortarla perpendicularmente al diámetro exterior en un punto. El extremo de la pestaña del manguito debe colocarse primero en el eje. A continuación, colocar la herramienta de instalación sobre el manguito (**b**).
7. Golpear suavemente el centro de la herramienta de instalación hasta que el manguito cubra la superficie desgastada. Si la herramienta de instalación es demasiado corta, se puede utilizar un trozo de tubo con extremos cuadrados y sin rebabas (**c**). Asegurarse de que el diámetro interior del tubo sea el mismo que el de la herramienta de instalación. Procurar no producir surcos en el diámetro exterior del manguito rectificado con precisión.
8. Un manguito SKF SPEEDI-SLEEVE debe instalarse siempre de forma que el borde exterior del manguito quede asentado en todo el diámetro del eje para evitar que el borde afilado dañe el sello durante la instalación.
9. En caso de que se haya cortado la pestaña para desmontarla, utilizar un par de alicates de punta larga para sujetarla y separarla de la superficie del sello (**d**). Enrollarla formando una bobina, con cuidado de no levantar el extremo del manguito del eje; de lo contrario, quedará un borde irregular. El desmontaje de la pestaña debe hacerse con cuidado para evitar daños en el diámetro exterior del manguito.
10. Después de instalar el manguito, volver a comprobar que no queden rebabas que pudiesen dañar el sello.

Fig. 18



11 Antes de instalar el sello, lubricar el manguito con los medios utilizados para el sistema.
12 Continuar con la instalación del sello.
13 Empezar a montar el sello nuevo siguiendo las instrucciones mencionadas anteriormente o volver a montar la tapa lateral suministrada con un sello nuevo (**e**).

Instalación de un manguito antidesgaste de gran diámetro

Los manguitos antidesgaste de gran diámetro SKF (LDSLV) están diseñados para un montaje deslizante en caliente. El manguito debe calentarse de manera uniforme a aproximadamente 180 °C *(355 °F)* antes de su instalación en el eje, utilizando un equipo adecuado, como un calentador de inducción SKF.

PRECAUCIÓN: No calentar el manguito a temperaturas superiores a 200 °C (*390 °F*).

El manguito se debe instalar inmediatamente después de calentarlo, ya que se enfría rápidamente y podría agarrotarse en el eje antes de alcanzar la posición correcta. Si el manguito requiere un cambio de posición, hay que tener cuidado de no dañar el diámetro exterior ni el chaflán de entrada.

Instalación de un sello de dos piezas totalmente de caucho de gran tamaño

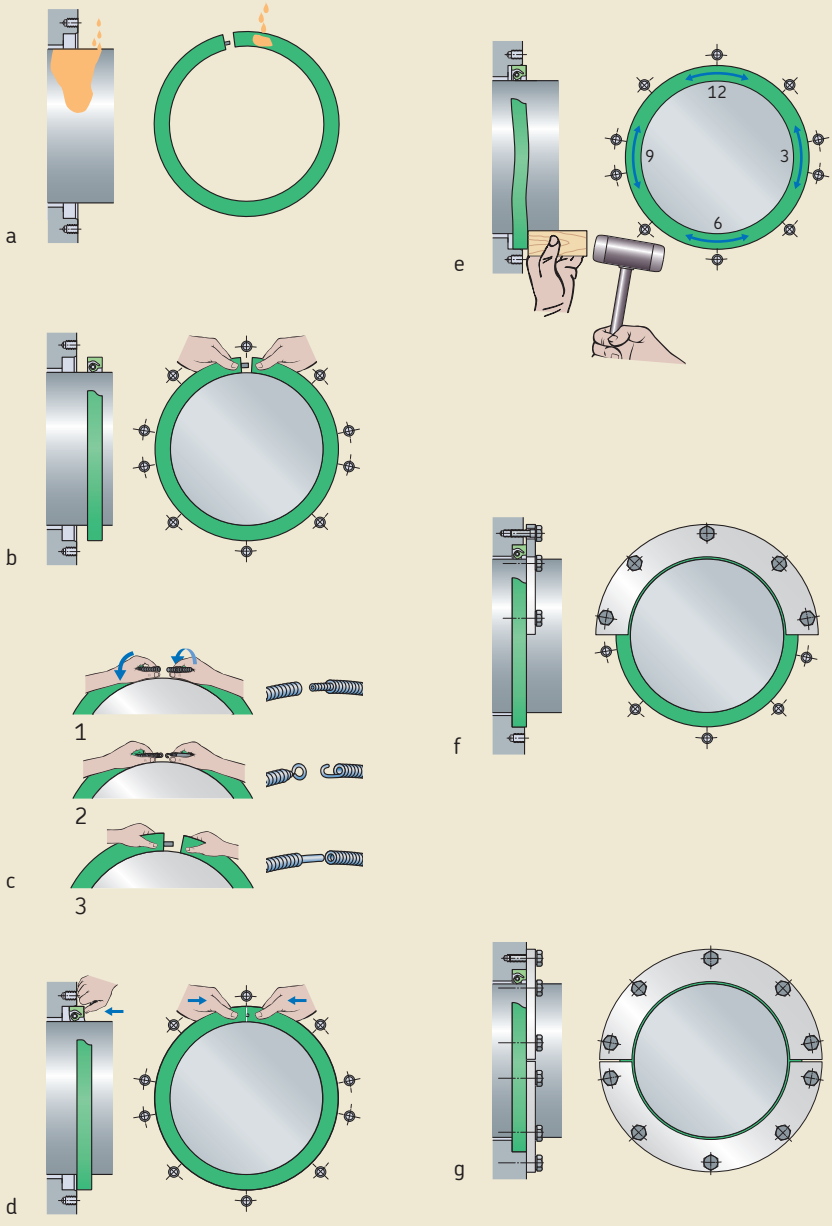
Cuando se instala un sello de dos piezas totalmente de caucho en las series HS6, HS7 y HS8 o un sello de dos piezas reforzado con tejido en las series HSF1, HSF2, HSF3 y HSF4, se deben seguir estas instrucciones (→ **fig. 19**).

1. Cuando corresponda, insertar el muelle en la ranura SKF Springlock y colocar la conexión de muelle de modo que quede desplazada con respecto a la junta del sello.
2. Aplicar una fina capa de lubricante a los labios del sello y a la superficie de contacto (**a**). Utilizar el mismo lubricante que se utilizará para lubricar la aplicación.
3. Comprobar que el labio del sello esté orientado en el sentido correcto (**b**).
4. Unir los extremos del muelle toroidal:
   - Para los muelles con conectores de tipo roscado (**c1**), aplicables a los sellos de las series HSF1, HSF2, HSF3 y HSF4, enrollar los extremos del muelle. Insertar un extremo en el otro y atornillar en su posición.
   - Para los muelles con conectores de gancho y anilla (**c2**), aplicables a los sellos de la serie HS6 y a la mayoría de los sellos de la serie HS8, juntar los extremos del muelle e insertar el gancho en la anilla. No estirar demasiado el muelle, ya que esto podría perjudicar el rendimiento del sello.
   - Para los muelles con conectores de cable de control (**c3**), aplicables a los sellos de la serie HS7, juntar los extremos del sello. A continuación, insertar el cable de control en el otro extremo del muelle. No estirar demasiado el muelle, ya que esto podría perjudicar el rendimiento del sello.
5. Colocar la junta del sello sobre el eje de manera que quede en la posición de las 12 en punto e insertar el sello en su junta en el agujero del soporte (**d**).
6. Introducir el resto del sello en su posición empezando por las posiciones de las 3 y las 9 en punto (**e**), terminando simultáneamente en las posiciones de las 6 y las 12 en punto. En el caso de diámetros de eje de 1200 mm y superiores, puede ser preferible fijar el sello en las posiciones de las 12, las 3, las 6 y las 9 en punto antes de fijar las secciones restantes del sello.

   PRECAUCIÓN: No introducir nunca un solo extremo del sello y envolver la parte restante alrededor del eje. El sello se estirará, lo que hará que la instalación en el agujero del soporte sea difícil o incluso imposible.

7. Introducir el sello en el agujero del soporte con un pequeño bloque de madera, hasta que haga contacto con el reborde del soporte (**e**).
8. Comprobar si el sello está bien colocado, especialmente en la junta.
9. Instalar la cubierta protectora (**f** y **g**). Apretar los tornillos de fijación uniformemente hasta que la tapa lateral haga tope con la cara del soporte.

Fig. 19



Instalación de arandelas de sellado

Las arandelas de sellado, con o sin arandela flocada (→ **fig. 20a**), deben colocarse siempre como se muestra en la **fig. 21a**, de modo que el efecto de bombeo de los discos se aleje del rodamiento. Si las arandelas espaciadoras (→ **fig. 20b**) están destinadas a facilitar la relubricación, una arandela espaciadora debe instalarse junto al aro interior y la otra junto al aro exterior (→ **fig. 21b**).

1. Rellenar el espacio libre entre las dos arandelas con una grasa hidrófuga y antioxidante, por ejemplo, SKF LGMT 2.
2. Recubrir ligeramente las superficies del agujero y de la arandela exterior con grasa.
3. Colocar el juego de arandelas en la posición inicial. Asegurarse de que la cara lateral de la arandela del soporte haga tope con el aro exterior del rodamiento (→ **fig. 21b**).
4. Introducir a presión el juego de arandelas en el agujero del soporte y en el eje simultáneamente, utilizando una dolla o una herramienta similar que haga tope con ambas arandelas (→ **fig. 22**). Asegurarse de que las arandelas no estén torcidas.
5. En caso de que haya que instalar varios juegos de arandelas adyacentes entre sí, instalar el primer juego antes de instalar el siguiente.

Fig. 20

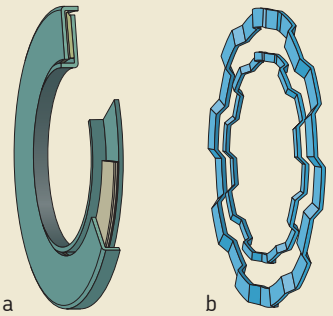


Fig. 22

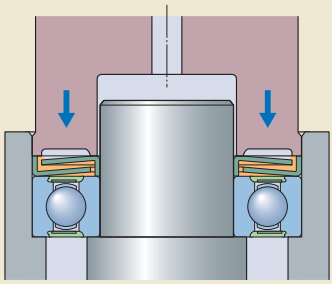


Fig. 21

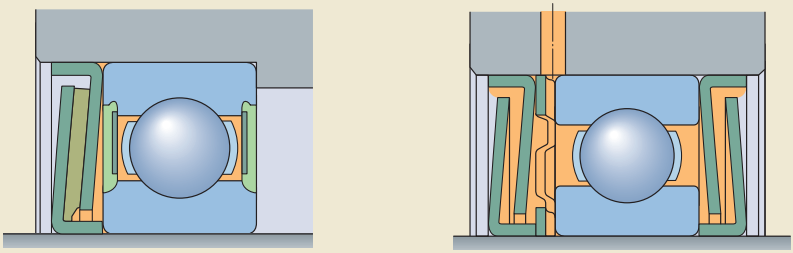
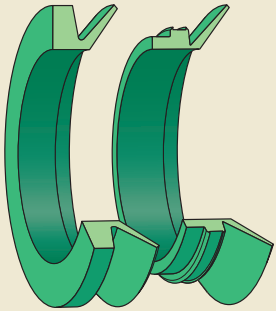


Fig. 23



Instalación de un sello de anillo en V

Los sellos de anillo en V (→ **fig. 23**) son elásticos y pueden estirarse sobre otros componentes, lo que simplifica y facilita la instalación (→ **fig. 24**). En los casos en los que haya que instalar muchos anillos en V del mismo tamaño, se pueden fabricar herramientas de instalación sencillas (→ **fig. 25**) para empujar el sello hasta una profundidad predeterminada.

Al instalar un sello de anillo en V, asegurarse de que se ajuste uniformemente alrededor del eje y de que el ancho ajustado, desde la superficie de contacto hasta la parte posterior del anillo en V, esté dentro de las tolerancias especificadas.

Fig. 24

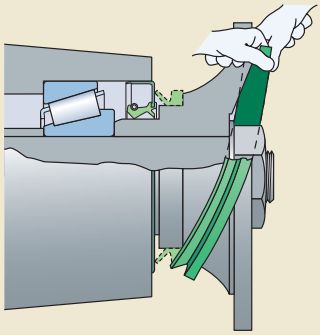
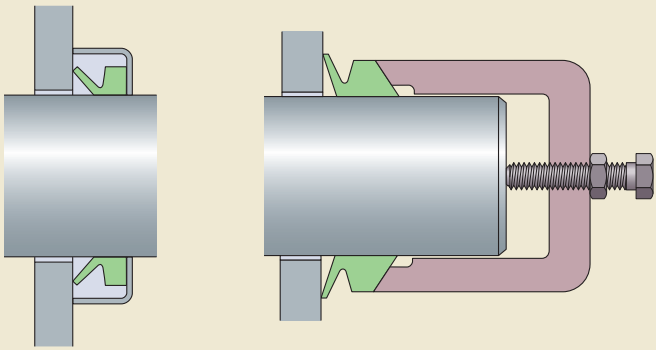


Fig. 25




SKF
SKF Shaft Alignment Tool TKSA 40
-0.02
-0.02
+0.01
0.00
-0.07
-0.12
+0.01
+0.03

Alineación

Introducción **160**

Instalación de máquinas y alineación . . . **161**
Calidad de la base 161
Objetivos de alineación 161
Pata coja 162
Tipos de pata coja 162
Comprobación de pata coja 162
Suplementación con chapas calibradas. . . . 163
Chapas calibradas para maquinaria 163
Elementos SKF Vibracon SM 164
Ampuesas de acero rígido personalizadas. 164
Resina epoxi 165
Apriete de pernos 166
Par de apriete y precarga de montaje . . . 166
Herramientas de apriete 166

Alineación de ejes **167**
Tipos de desalineación. 167
Convenciones de medición 167
Máquinas fijas y móviles 167
Parámetros de alineación 168
Posiciones de medición 168
Tolerancias de alineación de ejes. 169
Métodos de alineación de ejes 170
Métodos tradicionales de alineación de ejes 170
Métodos de reloj comparador 170
Métodos de alineación de ejes con láser . . 172
El proceso de alineación 173

Alineación de accionamientos de desplazamiento. **175**
Tolerancias de alineación de accionamientos de desplazamiento 175
Métodos de alineación de accionamientos de desplazamiento. 175
Métodos de alineación de accionamientos de desplazamiento con láser 175

Alineación de poleas **176**
Tipos de desalineación de poleas. 176
Tolerancias de alineación de poleas. 176
Métodos de alineación de poleas. 176
Métodos tradicionales de alineación de poleas 176
Métodos de alineación de poleas con láser 176

6

Introducción

La alineación de los accionamientos y la maquinaria accionada es una actividad importante durante la instalación inicial y el mantenimiento. La alineación de las máquinas es fundamental para evitar daños prematuros en los rodamientos y los consiguientes daños en otros componentes. El costo de alinear las máquinas correctamente es pequeño, en relación con los crecientes costos de mantenimiento, en caso de que falle una pieza crítica del equipo.

La alineación es necesaria para:

- ejes
- accionamientos de desplazamiento, p. ej., ejes cardánicos
- correas de transmisión (poleas)
- rodillos y cilindros, p. ej., en máquinas papeleras

En este capítulo, se presentan los procedimientos más importantes empleados para la alineación de ejes, accionamientos de desplazamiento y poleas.

Los beneficios de una alineación precisa incluyen:

- mayor vida útil para los rodamientos
- mayor vida útil para los sellos
- mayor vida útil para los acoplamientos
- mayores intervalos entre mantenimientos
- mejor eficiencia energética
- menores niveles de tensión y vibración

Para obtener más información acerca de la alineación de ejes, accionamientos de desplazamiento y poleas, así como información sobre la alineación de rodillos y cilindros, visite www.aptitudexchange.com o www.skf.com.

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación en técnicas de alineación (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

Las herramientas de alineación de ejes y poleas, así como las chapas calibradas para maquinaria, están disponibles en Productos de mantenimiento SKF (→ **Apéndice K**, **página 419**). Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com.

SKF cuenta con equipos de servicios de alineación experimentados. Para obtener más información, visite www.skf.com/services.

Instalación de máquinas y alineación

La alineación correcta de los accionamientos y la maquinaria accionada depende en gran medida de la calidad a la hora de instalar la máquina. Una instalación óptima ayuda a que el proceso de alineación sea rápido y sencillo, con resultados precisos.

Para conseguir una instalación óptima, hay que tener en cuenta varios aspectos:

- calidad de la base
- objetivos de alineación
- pata coja
- suplementación con chapas calibradas
- ajuste de pernos

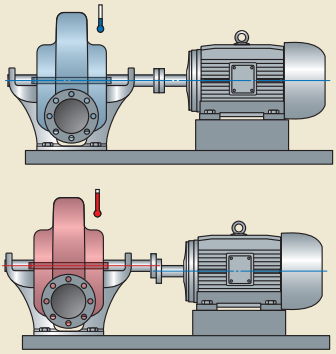
Calidad de la base

El elemento clave a la hora de instalar una máquina es proporcionar una base que soporte y mantenga la alineación entre los componentes en condiciones dinámicas. Ya sea que se trate de la instalación de una máquina nueva o de una máquina existente que se está realineando, las recomendaciones de SKF son las siguientes:

1 Inspeccionar la base en busca de grietas, deterioro y agujeros de pernos dañados, y reparar si es necesario.
2 Retirar las chapas calibradas y ampuesas existentes. Si no están dañadas, inspeccionarlas en busca de óxido y limpiarlas, si es necesario, antes de volver a utilizarlas.
3 Eliminar el óxido, la pintura o el aceite de la superficie de montaje de la base.
4 Sustituir cualquier tornillo de fijación existente si está oxidado o presenta daños en la rosca.
5 Comprobar la planicidad de la base con un láser. La planicidad debe estar dentro del grado de tolerancia IT7.

NOTA: ¡Todos los trabajos de reparación se deben completar antes de iniciar cualquier procedimiento de alineación!

Fig. 1



Objetivos de alineación

Los componentes de la máquina se calientan y dilatan durante el funcionamiento (→ **fig. 1**). Esto se denomina dilatación térmica y depende del material y la temperatura de la máquina.

Por lo general, los diseñadores de máquinas calculan la dilatación térmica y especifican los parámetros de alineación para compensarla. Estos parámetros se proporcionan, por lo general, como valores de desplazamiento del acoplamiento o valores de ajuste en las patas de la máquina.

Además de las instrucciones de los diseñadores de máquinas, SKF recomienda alinear las máquinas cuando su temperatura sea estable con respecto a la base, las carcasas y la temperatura ambiente. Antes de comenzar con la alineación, la diferencia de temperatura entre las carcasas de las máquinas y sus bases no debe superar el 10 al 15%. Además, hay que asegurarse de que los objetivos de alineación tengan en cuenta la temperatura real (ya que muchas veces se basan en una temperatura ambiente supuesta).

Pata coja

Pata coja (→ **fig. 2**) se refiere a una condición en la que una máquina no descansa con solidez sobre su base. Habitualmente, la pata coja se ocasiona debido a lo siguiente:

- bases dañadas, especialmente las que están agrietadas
- marcos base de la máquina distorsionados o dañados que se apoyan solo en una parte de su superficie
- chapas calibradas defectuosas

Tipos de pata coja

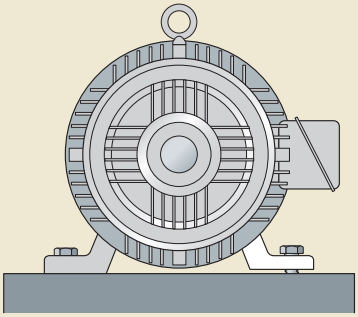
Hay dos tipos de pata coja (→ **tabla 1**)

- pata coja paralela
- pata coja angular

Una condición de pata coja hace imposible la alineación vertical, ya que la máquina puede moverse durante la etapa de alineación de precisión. Apretar los tornillos de fijación para compensar la pata coja puede distorsionar la carcasa de la máquina, lo que provoca una alineación incorrecta que puede dar lugar a una falla prematura del rodamiento.

Tanto la pata coja paralela como la angular pueden resolverse con los elementos SKF Vibracon SM. Para obtener más información, consulte la sección *Suplementación con chapas calibradas*, desde la **página 163**.

Fig. 2



Comprobar si hay pata coja

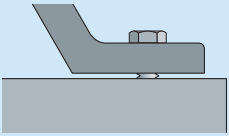
La mejor manera de comprobar la existencia de pata coja es utilizar galgas de espesores y registrar cuatro valores por pata. Con este método, los valores y el tipo de pata coja pueden determinarse con buena precisión.

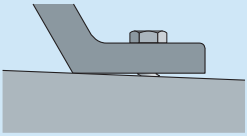
Para determinar si hay un problema grave de pata coja, SKF recomienda utilizar métodos con láser.

Para obtener más información, consulte la sección correspondiente *Alineación de ejes*, desde la **página 167** o *Alineación de poleas*, desde la **página 176**.

Tabla 1

Tipos de pata coja





	Pata coja paralela	Pata coja angular
Descripción	La pata de la máquina se encuentra en paralelo al marco base de la máquina, pero no se apoya en él. También se conoce como "pata corta".	Solo una parte de la pata de la máquina se apoya en el marco base de la máquina. También se conoce como "pata angulada".
Corrección	Eliminar el hueco añadiendo chapas calibradas.	Ajustar el ángulo o añadir una ampuesa (cuña) personalizada.
	Utilizar los elementos SKF Vibracon SM para preparar la superficie de montaje de la máquina (→ *Elementos SKF Vibracon SM*, **página 164**).	Utilizar los elementos SKF Vibracon SM para preparar la superficie de montaje de la máquina (→ *Elementos SKF Vibracon SM*, **página 164**).

Suplementación con chapas calibradas

La suplementación con chapas calibradas es el método utilizado para rellenar el hueco entre la superficie de apoyo y el marco base de la máquina. Los dispositivos de suplementación incluyen:

- chapas calibradas para maquinaria
- niveladores de acero ajustables, p. ej., elementos SKF Vibracon SM (→ **fig. 3**)
- ampuesas de acero rígido personalizadas
- resina epoxi

El proceso de suplementación varía en función del tipo de chapa calibrada seleccionada. Algunas chapas calibradas están diseñadas para establecer el plano de montaje adecuado para instalaciones nuevas o aplicaciones de reparación. Otras se utilizan para corregir la pata coja en la preparación para la realineación de una máquina existente.

Chapas calibradas para maquinaria

Las chapas calibradas para maquinaria son elementos de alineación finos que se utilizan para ajustar con precisión la altura total de una máquina o para compensar una pata coja paralela. Las chapas calibradas se colocan entre las patas de la máquina y la superficie de apoyo (→ **fig. 4**).

SKF recomienda utilizar chapas calibradas de acero inoxidable con suficiente resistencia y capacidad para soportar la corrosión de diversos medios. Las chapas calibradas fabricadas con materiales inadecuados, como el cobre o el latón, suelen ser demasiado blandas y sufren deformaciones plásticas. Esto provoca un aflojamiento y puede causar problemas de alineación con el tiempo.

SKF suministra chapas calibradas para maquinaria de la serie TMAS en cinco tamaños diferentes, cada uno con diez grosores distintos (**tablas 2a** y **2b, página 164**) para tornillos de fijación de hasta 52 mm de diámetro. Estas chapas calibradas precortadas de una sola ranura están hechas de chapa de acero inoxidable de alta calidad y se fabrican con tolerancias estrechas para lograr una alineación precisa. Las chapas calibradas se suministran en juegos de diez, cada una marcada individualmente con su grosor.

Fig. 3

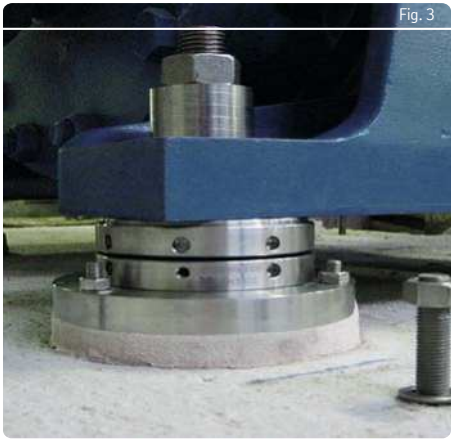
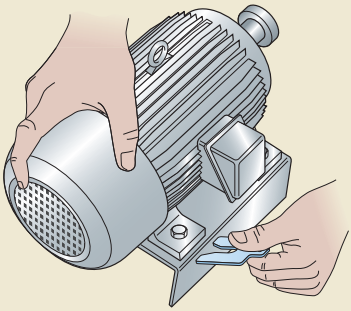


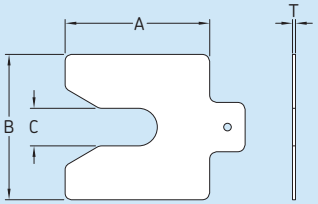
Fig. 4



PRECAUCIÓN: Siempre que sea posible, se debe utilizar una sola chapa calibrada. No apilar más de tres chapas calibradas. De hacerlo, aumenta el número de superficies de contacto, lo que influye en la elongación recomendada de los tornillos. Para obtener más información sobre atornillado, consulte la sección *Ajuste de tornillos* en la **página 166**.

Tabla 2a

Chapas calibradas para maquinaria SKF, serie TMAS



Designación[1) 2)]	Dimensiones A	B	C	T[2)]
–	mm			
TMAS 50-xxx	50	50	13	xxx
TMAS 75-xxx	75	75	21	xxx
TMAS 100-xxx	100	100	32	xxx
TMAS 125-xxx	125	125	45	xxx
TMAS 200-xxx	200	200	55	xxx

1) 10 chapas calibradas por juego
2) xxx se refiere al grosor de las chapas calibradas (→ **tabla 2b**)

Tabla 2b

Grosor de las chapas calibradas

Designación	Dimensiones T	Tolerancias
–	mm	
005	0,05	± 0,010
010	0,10	± 0,020
020	0,20	± 0,025
025	0,25	± 0,025
040	0,40	± 0,030
050	0,50	± 0,030
070	0,70	± 0,040
100	1,00	± 0,040
200	2,00	± 0,045
300	3,00	± 0,150

Elementos SKF Vibracon SM

Los elementos SKF Vibracon SM son unidades de acero universales de altura regulable, listas para montar, que ofrecen un buen plano de montaje, especialmente en los casos en que una pata coja puede ser un problema.

Los elementos SKF Vibracon SM estándares (→ **fig. 5**) se fabrican en dos diseños para tornillos de fijación de 12 a 65 mm de diámetro:

- SKF Vibracon original (**a**)
- SKF Vibracon de perfil bajo (**b**)

PRECAUCIÓN: Los elementos SKF Vibracon SM no están diseñados para izar maquinaria. En estos casos, SKF recomienda utilizar cilindros o gatos hidráulicos de baja altura.

Con los elementos SKF Vibracon SM, se suministran instrucciones detalladas para su instalación.

Ampuesas de acero rígido personalizadas

Las ampuesas de acero rígido personalizadas (elementos ranurados) solo deben utilizarse en aplicaciones de reparación y en condiciones en las que:

- la altura de ajuste sea demasiado baja para los elementos SKF Vibracon SM
- la altura de ajuste sea demasiado alta para las chapas calibradas para maquinaria
- haya pata coja angular

El diseño y el tamaño de las chapas calibradas personalizadas (→ **fig. 6**) dependen de las condiciones de aplicación, p. ej., el peso de la máquina y el tipo de base.

Resina epoxi

La resina epoxi se utiliza, principalmente, para alinear la maquinaria de propulsión. La resina epoxi suele fundirse entre la base y el marco base de la máquina (→ **fig. 7**) y es adecuada para ajustes de altura que van de 15 a 100 mm.

Las resinas adecuadas tienen un período de curado relativamente corto, una buena resistencia a la compresión y buena resistencia a la extrusión y a los choques térmicos. SKF recomienda utilizar Epocast 36, un epoxi de dos componentes, como material base.

Para obtener más información sobre las resinas epoxi, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Fundición de la resina epoxi

Limpiar la superficie de apoyo para eliminar la pintura y la suciedad. Marcar la superficie de apoyo, crear rebajes. Si se perforan agujeros poco profundos en varios ángulos de la superficie de apoyo, se consigue el mismo resultado. De este modo se fija el epoxi a la base.

Colocar el manguito en su posición a través de la pata de la máquina y dentro de la base. Construir un dique de madera contrachapada o espuma alrededor de la pata de la máquina. Colocar masilla para sellar entre el dique y la superficie de apoyo. Aplicar agente separador al manguito, al marco base de la máquina y al dique. Llenar el dique con resina hasta que llegue justo por encima de la parte inferior de la pata.

Fig. 5



a) SKF Vibracon original

b) SKF Vibracon de perfil bajo

Fig. 6

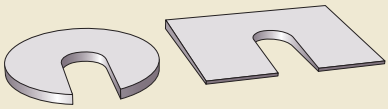
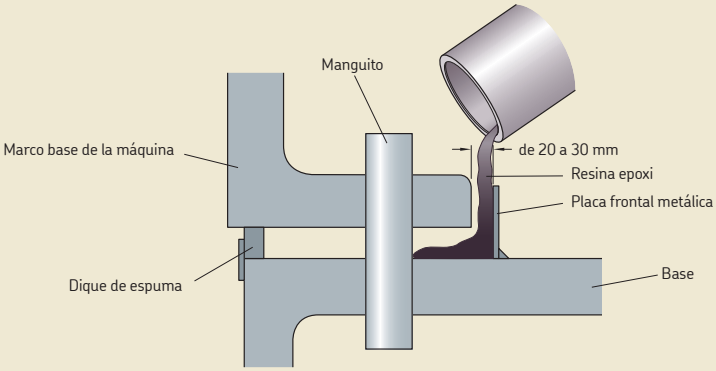


Fig. 7



Ajuste de pernos

Resulta extremadamente importante aplicar el valor correcto de par a cada perno durante la instalación. Un valor de par inadecuado puede dar lugar a movimientos de la máquina durante el funcionamiento. Esto puede causar desalineación del eje, que eventualmente dará lugar a daños prematuros en los rodamientos y demás componentes.

Por lo general, el diseñador de la máquina no determina los valores de par. Si el propietario de la máquina no dispone de ellos, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Par de apriete y precarga de montaje

Los tornillos de fijación deben apretarse a una tensión máxima del 75% del límite de elasticidad.

Herramientas de apriete

Todos los tornillos y tuercas deben ajustarse con una llave dinamométrica precisa (en al menos dos etapas) o con un tensor de pernos hidráulico. Para los pernos grandes, SKF recomienda utilizar tensores de pernos hidráulicos HYDROCAM (→ **fig. 8**), siempre que sea posible. Estos tensores permiten instalar los pernos con precisión, sin necesidad de una llave dinamométrica. Los tensores también ofrecen una precarga uniforme de montaje o una elongación uniforme del perno.

PRECAUCIÓN: El apriete de pernos con herramientas manuales es inexacto y el resultado que se obtiene no es reproducible.

Tensores de pernos hidráulicos HYDROCAM

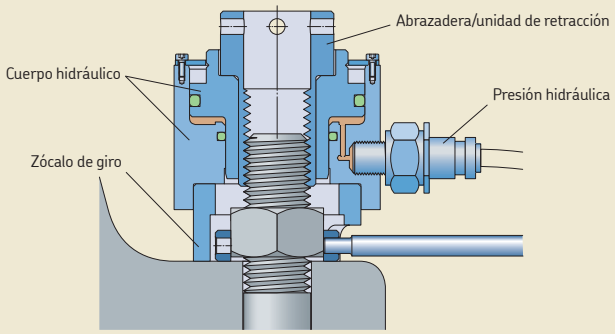
Los tensores de pernos hidráulicos HYDROCAM son adecuados para el apriete de pernos que tienen un extremo que sobresale de la tuerca de fijación. La extensión en frío se aplica al perno mediante un cuerpo anular hidráulico que se coloca a su alrededor. El perno se somete únicamente a una carga de tracción axial.

A continuación, la tuerca sin tensión se gira hacia abajo con muy poco esfuerzo y no transmite ningún par al perno. Cuando se libera la presión del fluido en el tensor, la mayor parte de la carga hidráulica del tensor se transfiere a la tuerca y se produce el apriete.

Para obtener la máxima precisión, SKF recomienda realizar la tracción del perno y el giro de la tuerca dos veces.

Para obtener más información sobre los tensores de pernos hidráulicos HYDROCAM, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Fig. 8



Alineación de ejes

Todos los ejes, rectos o desplazados, giran en torno a un eje denominado centro de rotación. En cualquier aplicación de transmisión de potencia, la transferencia de energía más eficaz se produce cuando dos ejes conectados son colineales, es decir, cuando los centros de rotación de los ejes forman una sola línea recta en condiciones normales de funcionamiento. Cualquier desviación de este estado colineal se denomina desalineación.

Los beneficios de contar con ejes correctamente alineados incluyen:

- reducción al mínimo de las cargas inducidas en los rodamientos, lo que se traduce en una mayor vida útil de estos
- reducción del desgaste de las correas, las poleas, los acoplamientos y los sellos, lo que permite prolongar los intervalos de mantenimiento
- reducción de las pérdidas por fricción y de los niveles de ruido y vibración, lo que se traduce en una mayor eficiencia energética
- reducción de la flexión de los ejes, lo que se traduce en menores niveles de vibración y tensión

Tipos de desalineación

Existen dos tipos principales de desalineación del eje (→ **fig. 9**):

- desalineación de desplazamiento (paralela) (**a**)
- desalineación angular (**b**)

En la práctica, ambos tipos de desalineación suelen existir de forma simultánea.

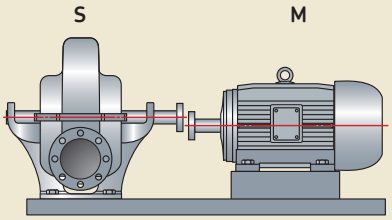
Convenciones de medición

Máquinas fijas y móviles

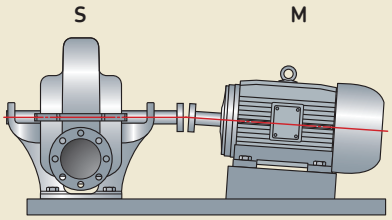
Cuando se alinean dos máquinas, una de ellas se denomina máquina fija (S) y, la otra, máquina móvil (M) (→ **fig. 9**). En la mayoría de los casos, la máquina fija es la unidad de accionamiento. A continuación, se realizan ajustes en la máquina móvil, normalmente un motor.

A veces, es necesario mover ambas máquinas. Por ejemplo, cuando la máquina móvil está unida a la base o a los pernos, la máquina fija se mueve ligeramente para permitir ajustes de precisión de la máquina móvil.

Fig. 9



a) Desalineación de desplazamiento
La desalineación de desplazamiento es la desviación entre dos centros de rotación del eje, medida en el plano de transmisión de la potencia desde la unidad de accionamiento a la unidad accionada (medida en milímetros en el acoplamiento). Siempre debe especificarse el sentido del desplazamiento.



b) Desalineación angular
La desalineación angular es la diferencia entre las pendientes de los ejes de la unidad de accionamiento y la unidad accionada, normalmente representada por el desplazamiento por diámetro de acoplamiento (mm/mm). Se puede aplicar una tolerancia angular expresada en mm/100 mm a todos los ejes, independientemente del diámetro del acoplamiento.

Parámetros de alineación

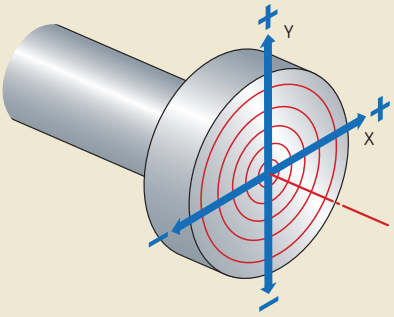
La desalineación se mide en dos planos (→ **fig. 10**):

- horizontal (de lado a lado, a lo largo del eje x)
- vertical (arriba y abajo, a lo largo del eje y)

Cada plano de alineación tiene componentes de desplazamiento y angulares, por lo que realmente hay cuatro parámetros de alineación por medir y corregir:

- desplazamiento horizontal
- angularidad horizontal
- desplazamiento vertical
- angularidad vertical

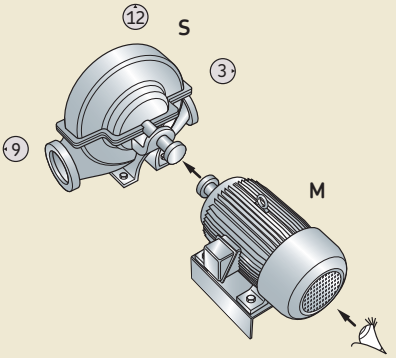
Fig. 10



Posiciones de medición

Para definir las distintas posiciones de medición durante el proceso de alineación, se utiliza la analogía de un reloj, visto de frente a la máquina fija (S) desde detrás de la máquina móvil (M) (→ **fig. 11**). La posición con las unidades de medición en posición vertical se define como la posición de las 12 en punto, mientras que los 90° a la izquierda y a la derecha se definen como las posiciones de las 9 y las 3 en punto, respectivamente. La posición de las 6 en punto se encuentra frente a la posición de las 12 en punto (no se muestra).

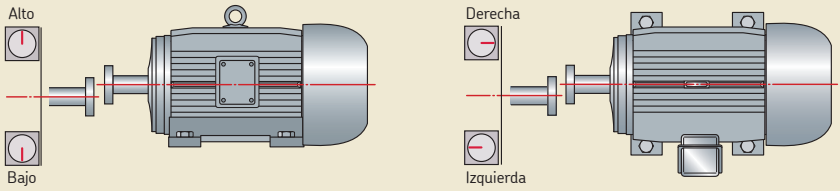
Fig. 11



Como se muestra en la **fig. 12**, las mediciones realizadas en el plano vertical, es decir, en la posición de las 12 o las 6 en punto, se utilizan para determinar la desalineación vertical (**a**). La desalineación vertical es cualquier desalineación vista desde un lado que se corrige haciendo ajustes de altura en las patas delanteras y traseras de la máquina móvil.

Las mediciones realizadas en el plano horizontal, es decir, en la posición de las 9 o las 3 en punto, se utilizan para determinar la desalineación horizontal (**b**). La desalineación horizontal es cualquier desalineación vista desde arriba que se corrige deslizando la máquina móvil hacia un lado.

Fig. 12



a) Desalineación vertical

b) Desalineación horizontal

Tolerancias de alineación de ejes

Las tolerancias de alineación de ejes se basan más en la velocidad de giro del eje que en el diámetro de este o en las especificaciones del fabricante del acoplamiento.

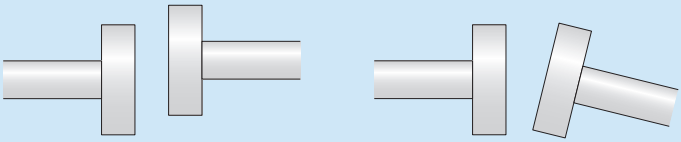
El diseñador de la máquina tiene la responsabilidad de especificar la precisión de alineación requerida. Sin embargo, si no se dispone de especificaciones, las tolerancias proporcionadas en la **tabla 3** son comúnmente aceptadas. Estas tolerancias no están relacionadas específicamente con el tipo de rodamiento, el tamaño de la máquina, la velocidad de accionamiento ni el tipo de equipo, y deben utilizarse únicamente como orientación.

Para compensar la dilatación térmica, los fabricantes de equipos pueden publicar valores de desplazamiento térmico que tienen en cuenta el incremento térmico durante la alineación inicial. También tendrán en cuenta otros factores para el objetivo de alineación. Por ejemplo, para la alineación horizontal de un eje en una caja de engranajes, se puede utilizar la disposición de la caja de engranajes y las diversas funciones de los componentes para determinar si el objetivo depende de un componente específico.

NOTA: La alineación precisa de los ejes es, por lo general, más crítica a medida que aumentan las velocidades.

Tabla 3

Directrices para las tolerancias de alineación de ejes



Velocidad de giro		**Tolerancias**[1]			
		Desalineación de desplazamiento		Desalineación angular	
más de	hasta incl.	Excelente	Aceptable	Excelente	Aceptable
r. p. m.		mm		mm/100 mm	
–	**1 000**	0,07	0,13	0,06	0,10
1 000	**2 000**	0,05	0,10	0,05	0,08
2 000	**3 000**	0,03	0,07	0,04	0,07
3 000	**4 000**	0,02	0,05	0,03	0,06
4 000	**6 000**	< 0,02	0,03	< 0,03	0,05

[1] Las tolerancias varían según el tipo de rodamiento, el tamaño de la máquina y otros factores de diseño.

Métodos de alineación de ejes

Existen varios métodos para alinear los ejes de dos máquinas. Algunos de los principales métodos de alineación de ejes se comparan en la **tabla 4** y se describen en las **páginas 170** a **173**.

SKF recomienda utilizar la tecnología láser, siempre que sea posible.

NOTA: Durante la alineación, las mediciones pueden realizarse en el extremo del eje o en el borde del semiacoplamiento. Para simplificar, en los siguientes procedimientos se menciona únicamente el borde del semiacoplamiento. Para obtener información sobre los parámetros de alineación y las posiciones de medición, consulte *Convenciones de medición*, desde la **página 167**.

Métodos tradicionales de alineación de ejes

Los métodos tradicionales de alineación son rápidos, pero suelen ser inexactos. Con estos métodos, se utilizan herramientas mecánicas como reglas, cintas métricas, alambres, cuerdas, galgas de espesores, niveles de burbuja y conos calibrados.

Métodos de reloj comparador

Los relojes comparadores se utilizan para dos métodos fundamentales de alineación (→ **fig. 13**):

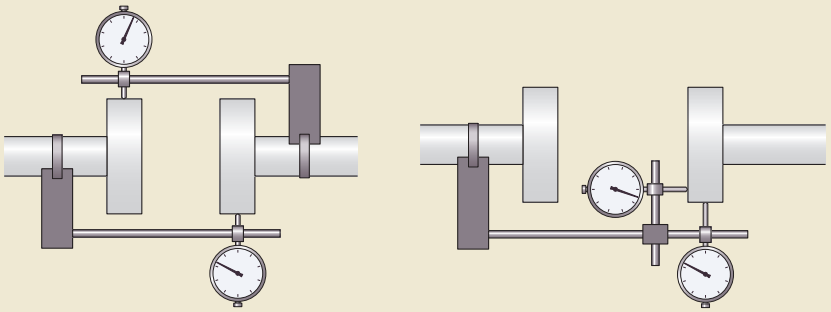
- método de borde inverso (**a**)
- método de cara del borde (**b**)

El método de borde inverso es el preferido porque es un método de alineación de ejes "verdadero". Con este método, se utilizan dos relojes comparadores para tomar mediciones en ambos bordes del semiacoplamiento para determinar el desplazamiento del eje entre las máquinas fija y móvil.

Con el método de cara del borde, se toma un conjunto de mediciones en el borde del semiacoplamiento para determinar el desplazamiento del eje. El otro conjunto de mediciones se realiza en la cara del semiacoplamiento para determinar la angularidad del eje.

PRECAUCIÓN: Tenga cuidado de no perder una vuelta completa del indicador.

Fig. 13



a) Método de borde inverso

b) Método de cara del borde

Tabla 4

Métodos de alineación de ejes

Tipo	Método	Uso	Ventajas	Desventajas
Tradicional	Regla	Alineación aproximada	Equipo simple Lecturas directas Relativamente rápido	Inexacto Las lecturas se basan en la aproximación a simple vista y en la precisión de la cara del semiacoplamiento Se requieren varias repeticiones
Reloj comparador	Borde inverso	Alineación de precisión, cuando no se dispone de equipos láser	Buena precisión La alineación se realiza con todos los elementos de acoplamiento en su sitio Las mediciones de desplazamiento y angularidad pueden realizarse al mismo tiempo	Requiere conocimientos especializados Requiere mucho tiempo Se requieren cálculos de ajuste
	Cara del borde	Comprobación de la variación del eje Alineación de precisión, cuando no se dispone de equipos láser	Buena precisión Adecuado para acoplamientos grandes y cuando el espacio es limitado	Requiere conocimientos especializados Requiere mucho tiempo Se requieren cálculos de ajuste
Láser	Láser simple	Alineación de precisión	Exactitud en la medición angular en distancias cortas Valores calculados automáticamente por el equipo	Método susceptible de sufrir holguras al mover las máquinas desacopladas Es necesario volver a medir después de cada movimiento, ya que se pierde la referencia
	Láser doble, p. ej., uso de los alineadores de ejes SKF	Alineación de precisión para ejes grandes y pequeños, y para medir distancias de hasta 10 m	Excelente precisión No se necesitan operadores especializados Muestra los valores de alineación en tiempo real y las correcciones actualizadas mientras se ajusta la máquina Facilita la alineación en distancias largas	Cuanto menor sea la distancia entre las unidades de medición, menos precisa será la medición de la alineación angular

Métodos de alineación de ejes con láser

Los equipos de alineación con láser hacen que la alineación de ejes sea más rápida y precisa que cualquier otro método.

Hay dos tipos de sistemas láser utilizados para la alineación:

- sistema de láser simple
- sistema de láser doble

El sistema de láser simple tiene un solo rayo láser y un detector electrónico con un objetivo simple o doble. El sistema de láser doble cuenta con una unidad de emisor y detector de láser, y se basa en el método de reloj comparador de borde inverso.

Se recomienda especialmente el uso de equipos con el sistema de láser doble, como las herramientas de alineación de ejes SKF (→ **fig. 14**).



Fig. 14

PRECAUCIÓN: En ningún caso se debe permitir que se realicen actividades de soldadura cerca del equipo de alineación con láser o en la máquina en la que está acoplado el láser. Esto puede dañar los diodos láser y la electrónica.

Método de láser doble con herramientas de alineación de ejes SKF

La comprobación de la alineación mediante las herramientas de alineación de ejes SKF es muy sencilla y fácil de realizar. El proceso consiste normalmente en:

- fijar las unidades de medición al eje
- conectar la unidad de visualización
- medir las distancias A, B y C (→ **fig. 15**) e introducir los valores en la unidad de visualización
- ajustar las unidades de medición

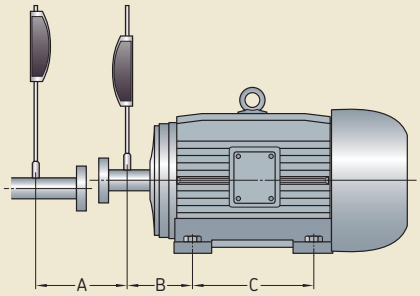


Fig. 15

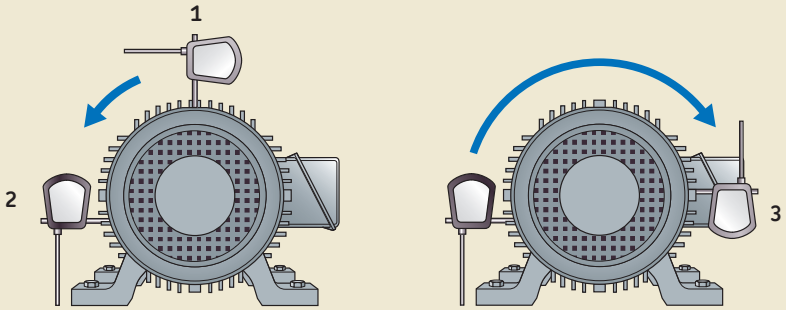


Fig. 16

- determinar el ajuste de las patas de la máquina mediante mediciones con los rayos láser en tres posiciones diferentes 1, 2 y 3 (→ **fig. 16**)
- utilizar chapas calibradas para realizar los ajustes necesarios

Las instrucciones detalladas para el uso de las herramientas de alineación de ejes SKF se suministran con el equipo.

PRECAUCIÓN: Las lecturas de los sistemas láser se ven afectadas por variables como el calor, la luz y las vibraciones. Para confirmar la alineación, SKF recomienda volver a realizar las mediciones siguiendo los pasos anteriores.

El proceso de alineación

El proceso de alineación es muy importante. SKF recomienda un proceso de varias etapas (→ **fig. 17**) diseñado para asegurar la calidad del resultado final.

1. Preparación

La preparación es una etapa importante en el proceso de alineación, ya que permite desarrollar las actividades de alineación sin problemas. La definición del problema, el alcance inicial del trabajo, las instrucciones condicionales y las responsabilidades de las tareas deben estar claramente definidos.

El resultado de la etapa de preparación supone dejar clara toda la información conocida en una ficha de trabajo y disponer en el lugar de todas las herramientas y materiales necesarios para las actividades de inspección.

2. Inspección

El objetivo de la inspección es capturar todos los datos que describen el estado "actual" de la máquina. Ejemplos de actividades típicas de inspección:

- Inspeccionar la superficie de apoyo y el marco base de la máquina.
- Medir la pata coja.
- Medir la variación de ambos ejes.
- Establecer qué unidad es fija y qué unidad es móvil.
- Seleccionar el método de medición de la alineación y preparar el equipo de medición.

Para obtener más información sobre estas actividades, consulte *Instalación de máquinas y alineación*, desde la **página 161**.

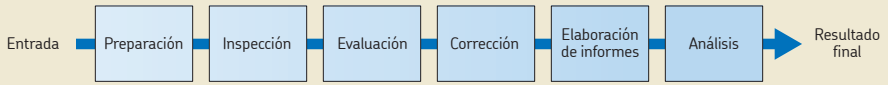
3. Evaluación

Comparar la condición "actual" con la condición "deseada" de la máquina y hacer que los responsables decidan las acciones adecuadas sobre las desviaciones medidas.

NOTA: Algunas desviaciones no se corregirán inmediatamente después de la etapa de evaluación. Es importante conservar la información de estos hallazgos para poder utilizarla en el futuro para iniciar una medida correctiva. Para justificar cualquier retraso en la medida correctiva, se puede realizar una evaluación de riesgos adicional.

El resultado de la etapa de evaluación es una decisión clara sobre cada hallazgo, autorizada por los responsables, acerca de las medidas correctivas que deben adoptarse y el motivo que justifica cada decisión. Todas las tareas están definidas, y todas las herramientas y materiales necesarios para la alineación están disponibles en el sitio.

Fig. 17



AVISO
Para minimizar la posibilidad de que se produzcan lesiones graves, antes de realizar cualquier corrección, lleve a cabo los procedimientos de bloqueo/etiquetado requeridos.

4. Corrección

Realizar las correcciones iniciales para minimizar la desalineación y mejorar la exactitud de las mediciones de alineación de precisión.

Durante la alineación aproximada, el objetivo es conseguir que las líneas centrales de los ejes de las máquinas estén lo suficientemente alineadas como para permitir una medición de alineación de precisión. No hay reglas sobre la precisión de la medición de la alineación aproximada. En general, se considera "aproximada" una desviación vertical y horizontal de aproximadamente 1 mm y una angularidad vertical y horizontal de aproximadamente 0,1 mm/100 mm. Para cumplir estos requisitos, se puede utilizar uno de los métodos de alineación tradicionales (→ *Métodos tradicionales de alineación de ejes*, **página 170**).

Para lograr la precisión requerida en la alineación de ejes, SKF recomienda utilizar un sistema de alineación con láser (→ *Métodos de alineación de ejes con láser*, desde la **página 172**). Si no se dispone de equipos láser, se pueden utilizar relojes comparadores.

NOTA: La prueba de la máquina en funcionamiento es una parte importante de la corrección de la alineación. Después de la prueba de funcionamiento, se debe realizar una medición final para asegurarse de que no es necesario realizar más correcciones. Es muy recomendable realizar una comprobación de la conformidad.

SKF recomienda comprobar la alineación del eje de los equipos recién instalados al cabo de tres a seis meses de funcionamiento. Esto se debe al "asentamiento" de la(s) superficie(s) de apoyo y/o de las ampuesas/chapas calibradas. En general, la alineación del eje debe comprobarse todos los años.

5. Elaboración de informes

La información recopilada durante la etapa de corrección no suele tener un formato utilizable. Por lo tanto, es necesaria una etapa de elaboración de informes.

El objetivo de la etapa de elaboración de informes es crear un documento claro e inequívoco que contenga todos los datos relevantes (en un formato adecuado) necesarios para realizar análisis posteriores. Conviene incluir el tiempo que se ha tardado en realizar la alineación y los recursos utilizados, así como cualquier desviación de los procedimientos estándares.

6. Análisis

En la etapa final del proceso de alineación, se analiza la comparación entre la condición "actual" y la "deseada" de la máquina. El historial de la máquina (informes y especificaciones anteriores), así como los puntos de referencia de la máquina (u otros datos comparables), pueden utilizarse para sacar conclusiones sobre la causa raíz de cualquier desviación.

El análisis es una oportunidad para identificar mejoras adicionales y realizar un análisis de costo-beneficio para el futuro.

Alineación de accionamientos de desplazamiento

En un accionamiento de desplazamiento, la potencia se transfiere desde la unidad de accionamiento hasta la unidad accionada mediante un eje intermedio desplazado. A menudo se denomina eje cardánico y suele tener una junta universal en cada extremo del eje.

La disposición más común del eje cardánico es la configuración en Z (→ **fig. 18**), que se utiliza normalmente en la industria papelera.

Por qué es necesario alinear con precisión los accionamientos de desplazamiento

Es un error común pensar que los accionamientos de desplazamiento pueden tolerar un gran error de alineación y, por lo tanto, no necesitan una alineación de precisión. Por el contrario, los accionamientos de desplazamiento mal alineados pueden provocar mayores niveles de vibración, pérdida de energía, desgaste prematuro e incluso una falla completa por cizallamiento.

Para compensar estos resultados indeseables, los accionamientos de desplazamiento requieren ángulos de desviación iguales en las juntas y una alineación de precisión de los ejes de accionamiento y accionados.

Tolerancias de alineación de accionamientos de desplazamiento

La precisión de un procedimiento de alineación del accionamiento de desplazamiento con láser depende de la cara del semiacoplamiento de la máquina fija, es decir, de la rectangularidad entre la cara y el centro de rotación. Normalmente, se puede aceptar una desalineación angular de 0,50 mm/1000 mm. Esto se puede conseguir en la mayoría de las circunstancias, siempre que no haya condiciones de unión con la base o con los pernos.

Métodos de alineación de accionamientos de desplazamiento

En la alineación del accionamiento de desplazamiento, la corrección de la desalineación angular es importante, mientras que la desalineación de desplazamiento carece de importancia.

Existen varios métodos para medir la alineación del accionamiento de desplazamiento. Los métodos de alineación tradicionales, como las reglas, no pueden proporcionar el nivel de precisión deseado. SKF recomienda utilizar la tecnología láser, siempre que sea posible.

Fig. 18

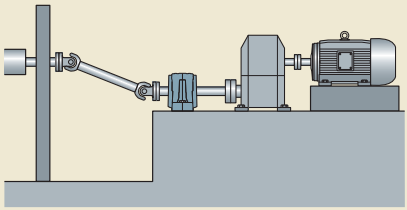
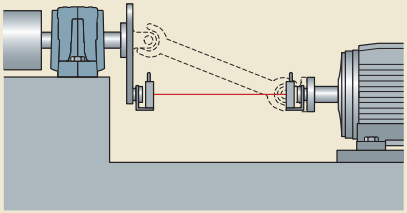


Fig. 19



Métodos de alineación de accionamientos de desplazamiento con láser

El truco para alinear los accionamientos de desplazamiento es cancelar el desplazamiento creando un centro de rotación virtual o "ficticio", paralelo al eje accionado (→ **fig. 19**).

La alineación aproximada se consigue utilizando un kit de fijación del cardán y una herramienta de alineación de ejes de láser doble adecuada.

Las instrucciones detalladas para el uso del equipo de alineación con láser se suministran con el equipo.

Alineación de poleas

La alineación de las correas o, más concretamente, de las poleas, es una de las principales actividades de mantenimiento. Cuando las poleas no están bien alineadas, se inducen cargas adicionales. El objetivo de la alineación de las correas es alinear las ranuras de las poleas de accionamiento y accionadas para que las correas funcionen con un desgaste mínimo.

Los beneficios de unas poleas correctamente alineadas son los siguientes:

- mayor vida útil de los rodamientos y las poleas
- reducción de los niveles de ruido y vibración
- ahorros de energía

Tipos de desalineación de poleas

Si las ranuras de las poleas no están alineadas entre sí, las correas estarán desalineadas. Hay tres tipos de desalineación de poleas (**→ tabla 5**). En la práctica, puede existir más de un tipo de desalineación de polea al mismo tiempo.

PRECAUCIÓN: A menos que se corrija la desalineación de las poleas, una correa nueva no durará más que la que ha sustituido.

Tolerancias de alineación de poleas

Los fabricantes de poleas suelen recomendar una desalineación máxima del ángulo horizontal de 1,0 a 0,25°. Esta precisión solo puede alcanzarse con herramientas de alineación de precisión, como los equipos láser.

Métodos de alineación de poleas

Hay dos maneras de alinear las poleas: tradicional y con láser. Los principales métodos de alineación de poleas se comparan en la **tabla 6** y se describen a continuación.

SKF recomienda utilizar la tecnología láser, siempre que sea posible.

Métodos tradicionales de alineación de poleas

Los métodos tradicionales de alineación son rápidos, pero suelen ser inexactos. Con estos métodos, se utilizan herramientas mecánicas como reglas, cintas métricas, alambres, cuerdas, galgas de espesores, niveles de burbuja y conos calibrados.


Fig. 20

Métodos de alineación de poleas con láser

A diferencia de las herramientas tradicionales de alineación de poleas, los equipos láser permiten realizar mediciones y ajustes con una precisión increíble.

Los alineadores de poleas con láser se agrupan en función de las partes de las poleas que se alinean:

- las ranuras de la polea
- las caras de la polea

Los sistemas láser que alinean las ranuras de las poleas, como el alineador de poleas SKF (**→ fig. 20**), ofrecen una precisión superior a los que alinean las caras de las poleas. También es preferible alinear las ranuras de las poleas porque las poleas de diferente grosor, marca, tipo o calidad de cara pueden seguir alineándose con precisión.

Las instrucciones detalladas para el uso de los alineadores de poleas SKF se suministran con el equipo.

Tabla 5

Tipos de desalineación de poleas







	Desalineación del ángulo vertical (torcido)	Desalineación del ángulo horizontal	Desalineación paralela
Descripción	Los ejes de las poleas de accionamiento y accionada son paralelos pero una de las poleas está torcida en el plano vertical	Los ejes de las poleas de accionamiento y accionada no son paralelos	Los ejes de las poleas de accionamiento y accionada son paralelos pero una de las poleas está demasiado adelantada (o atrasada)
Causas	La máquina móvil está mal posicionada en el plano vertical	La máquina móvil está mal posicionada en el plano horizontal	La máquina móvil está mal posicionada Una de las poleas está mal ajustada en su eje
Corrección	Ajustar la altura de las patas delanteras o traseras de la máquina móvil	Desplazar lateralmente la parte delantera o trasera de la máquina móvil	Desplazar la máquina móvil hacia delante o hacia atrás Desplazar una de las poleas hacia delante o hacia atrás a lo largo del eje

Tabla 6

Métodos de alineación de poleas

Tipo	Método	Uso	Ventajas	Desventajas
Tradicional	Regla	Alineación aproximada	Equipo simple	Inexacto
	Longitud de la cuerda/ cable		Lecturas directas	Las lecturas se basan en la aproximación a simple vista y en la precisión de la cara de la polea
			Relativamente rápido	Se requieren varias repeticiones
Láser	Alineación frontal	Alineación aproximada	Buena precisión	La precisión depende de la calidad de la cara de la polea
		Alineación de precisión	También se utiliza para las correas de distribución	Se alinean las caras y no las ranuras
			No se requieren conocimientos especializados	
	Alineación de ranuras, p. ej., uso del alineador de poleas SKF	Alineación de precisión	Alta precisión	Ninguna
			No se requieren conocimientos especializados	
			Se controlan simultáneamente las tres condiciones de desalineación	
			Las correcciones se siguen en tiempo real	


LGHP 2/1
High performance polyurea
SKF Bearing grease
SKF

Lubricación

Introducción **180**
Gestión de la lubricación 180
Inspección, manipulación y eliminación de lubricantes 181
Grasa frente a aceite 182
Lubricantes alternativos 182

Lubricación con grasa **183**
¿Qué hay en una grasa? 183
Aceite base 183
Espesante 183
Aditivos 184
Cómo funciona la grasa en los rodamientos . 184
Interpretación de las fichas técnicas de las grasas 184
Propiedades de las grasas 185
Grasas y condiciones de funcionamiento de los rodamientos 187
Pruebas de rendimiento de las grasas . . . 188
Selección de una grasa adecuada 189
Herramientas de selección de grasas . . . 189
Cómo engrasar los rodamientos y los componentes asociados en la instalación inicial 189
El mejor momento para aplicar la grasa . . 189
La cantidad correcta 190
Técnicas de engrase en el montaje 191
Rodaje de los rodamientos lubricados con grasa 191
Relubricación 192
Intervalos de lubricación 192
Procedimientos de relubricación 194
Renovación 198
Compatibilidad de las grasas 200
Compatibilidad entre las grasas 200
Compatibilidad entre las grasas y los materiales de los rodamientos 202
Compatibilidad entre las grasas y los conservantes de rodamientos SKF 202
Productos para lubricación con grasa SKF . . 202

Lubricación con aceite **203**
¿Qué hay en un aceite? 203
Aceite base 203
Aditivos 203
Viscosidad del aceite 203
Cómo seleccionar un aceite adecuado 204
Proceso de selección de aceites 204
Herramientas adicionales de selección de aceites 207
Sistemas de lubricación por aceite 207
Tipos de sistemas de lubricación por aceite 207
Mantenimiento de los sistemas de lubricación por aceite 207
Aceites para cadenas 209
Compatibilidad de los aceites 210
Análisis del aceite 210
Toma de muestras de aceite 210
Contaminación y filtrado 211
Productos para lubricación con aceite SKF . . 212

Sistemas de lubricación centralizada **213**
Selección del lubricante adecuado 213
Tipos de sistemas de lubricación centralizada 213
Sistemas de lubricación a pérdida total . . 214
Sistemas de lubricación por circulación . . 214

Introducción

Para optimizar la vida útil de un rodamiento, debe suministrarse la cantidad correcta del lubricante adecuado en el momento oportuno. Al igual que una cantidad insuficiente de lubricante afectará de forma negativa al rendimiento del rodamiento, también lo hará una cantidad excesiva de lubricante. En cualquier caso, el resultado puede ser el mismo: una falla prematura del rodamiento y un costoso tiempo de inactividad de la máquina.

Una lubricación inadecuada es la causa de aproximadamente el 36% de todas las fallas de los rodamientos. Esto incluye fallas causadas por lo siguiente:

- selección inadecuada del lubricante
- lubricante insuficiente
- exceso de lubricante
- intervalos de relubricación inadecuados
- lubricante que no llega al rodamiento debido a un mal diseño de la disposición de rodamientos, a un montaje incorrecto de la máquina o a una obstrucción de las tuberías

Si se suman las fallas de los rodamientos causadas por un suministro de lubricante contaminado, el porcentaje de fallas de los rodamientos relacionadas con la lubricación puede llegar al 50%.

Una lubricación eficaz y unas buenas prácticas de lubricación pueden ayudar a reducir de forma significativa las fallas prematuras de los rodamientos y el tiempo de inactividad de las máquinas. Para alcanzar ese objetivo, SKF ofrece una amplia gama de lubricantes y sistemas de lubricación, así como programas para ayudar a seleccionar el lubricante y determinar los intervalos de relubricación.

En este capítulo, se presenta únicamente la lubricación de los rodamientos. Para obtener información sobre la lubricación de otros tipos de rodamientos, visite www.skf.com/bearings, o comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Para obtener más información sobre los productos y herramientas de mantenimiento y lubricación de SKF, visite www.skf.com/lubrication y www.mapro.skf.com.

Para obtener información sobre los programas de SKF LuBase, DialSet y el Planificador de lubricación SKF, visite www.skf.com/lubrication o www.aptitudexchange.com.

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación en lubricación (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

Gestión de la lubricación

En una instalación en la que puede haber cientos, e incluso miles, de puntos de lubricación, las cosas pueden resultar confusas. Pero incluso cuando solo hay unos pocos puntos de lubricación, es importante organizar y documentar toda la información relacionada con la lubricación y aplicar un programa detallado de gestión de la lubricación. Entre los factores que hay que tener en cuenta, se incluyen:

- el suministro y el almacenamiento de lubricantes
- los recursos: equipos y mano de obra
- los programas y rutas de lubricación
- el análisis y monitoreo de los lubricantes
- la lubricación automática frente a la manual

El Planificador de lubricación SKF (SKF Lubrication Planner), disponible en www.skf.com/lubrication, es un software fácil de usar que ofrece todas las funciones básicas necesarias para diseñar y gestionar adecuadamente un plan de lubricación.

Inspección, manipulación y eliminación de lubricantes

Inspección de los lubricantes

Independientemente de la fecha de fabricación, las grasas y los aceites deben comprobarse visualmente antes de su uso.

En el caso de la grasa, compruebe si hay una separación anormal del aceite y si hay signos de moho, agua o cambio de color.

En el caso del aceite, compruebe si hay agua o cambio de color. Si el aceite tiene un aspecto turbio, por lo general significa que está contaminado con agua.

NOTA: Al inspeccionar visualmente la grasa, tenga en cuenta que es normal que haya cierta separación de aceite.

Prácticas recomendadas para la manipulación del lubricante

Los procedimientos adecuados de manipulación del lubricante son muy importantes. SKF recomienda hacer lo siguiente:

- Limpie los bordes de los recipientes de lubricante antes de abrirlos para evitar la entrada de contaminantes.
- Utilice recipientes limpios cuando dispense lubricantes.
- Utilice herramientas profesionales.

PRECAUCIÓN: ¡El contacto directo con productos derivados del petróleo puede provocar reacciones alérgicas! Lea las fichas técnicas de seguridad del material antes de manipular los lubricantes y utilice guantes de protección en todo momento.

Fichas técnicas de seguridad del material

Las fichas técnicas de seguridad del material (Material safety datasheets, MSDS) ofrecen información esencial sobre las propiedades físicas y químicas de un lubricante. También presentan las precauciones recomendadas y los procedimientos de control de la exposición.

NOTA: Las fichas técnicas de seguridad del material de las grasas para rodamientos SKF están disponibles en línea en www.mapro.skf.com.

Eliminación de lubricantes

La eliminación inadecuada de los lubricantes puede ser peligrosa para la comunidad y el medioambiente. Elimine todos los lubricantes de conformidad con las leyes y reglamentos nacionales y locales y con las buenas prácticas de seguridad medioambiental.

Grasa frente a aceite

La grasa es el lubricante más utilizado para los rodamientos porque tiene muchas ventajas sobre el aceite y, por lo general, es más rentable. Menos del 20% de los rodamientos se lubrican con aceite.

Es fundamental adaptar el lubricante a la aplicación y a las condiciones de funcionamiento, pero también es importante tener en cuenta el método de suministro del lubricante, la instalación y el mantenimiento. A la hora de elegir entre la lubricación con grasa o con aceite, hay que tener en cuenta muchos factores (→ **tabla 1**).

Lubricantes alternativos

En algunas aplicaciones, el Solid Oil puede aportar beneficios que la grasa o el aceite por sí solos no pueden ofrecer. El Solid Oil es una matriz polimérica saturada de aceite lubricante, que rellena completamente el espacio libre de un rodamiento. El Solid Oil se ha desarrollado específicamente para aplicaciones en las que la lubricación convencional no ha tenido éxito anteriormente o no puede aplicarse, p. ej., en disposiciones de rodamientos con posibilidades de acceso limitadas.

Muchos rodamientos SKF, así como unidades de rodamientos, pueden suministrarse con Solid Oil. Los rodamientos se identifican con el sufijo de designación W64.

Tabla 1

Comparación selectiva entre grasa y aceite

Criterios de selección		Ventajas/desventajas	
		Grasa	Aceite
Aplicación y condiciones de funcionamiento	Componentes asociados	Los rodamientos y los componentes asociados deben mantenerse separados	Los rodamientos y los componentes asociados pueden lubricarse con el mismo aceite (cuando sea apropiado)
	Solución de sellado	Mejora la eficacia del sellado de carcasas	No tiene ventajas de sellado
	Temperatura de funcionamiento	No tiene ventajas de refrigeración Limitaciones de temperatura de funcionamiento	Ayuda a la refrigeración Adecuado para altas temperaturas de funcionamiento
	Factor de velocidad	Limitaciones de velocidad	Adecuado para altas velocidades de funcionamiento
	Orientación del eje	Adecuada para ejes verticales	Por lo general, no es adecuado para rodamientos radiales en ejes verticales
	Compatibilidad con alimentos	Bajo riesgo de contaminación por fugas	Solo deben utilizarse aceites compatibles con alimentos, debido al riesgo de fugas
Instalación y mantenimiento	Instalación	Rápida Relativamente barata	Requiere mucho tiempo Costosa (se necesitan bombas, baños, etc.)
	Retención de lubricante y fugas	Se retiene fácilmente en los soportes de los rodamientos	La cantidad de lubricante se controla fácilmente Probabilidad de fugas
	Inspección	Difícil de inspeccionar durante el funcionamiento	Debe mantener el nivel de aceite
	Aplicación del lubricante	Normalmente es fácil de aplicar	Requiere mucho tiempo
	Cambio de lubricante	Difícil de eliminar toda la grasa, pero no supone un problema si las grasas son compatibles	Fácil de vaciar por completo y rellenar los depósitos
	Control de contaminación	Difícil de controlar la contaminación	Se puede filtrar y reacondicionar
	Control de calidad	Difícil de monitorear	Fácil de monitorear

En aplicaciones con temperaturas extremas, como los hornos de recalentamiento y los hornos industriales, las altas temperaturas pueden hacer que los lubricantes normales se fundan o se evaporen. Para estos entornos difíciles, SKF ofrece dos alternativas de lubricantes secos:

- rodamientos con un compuesto lubricante sólido a base de grafito, sufijos de designación VA201, VA210 o VA2101
- rodamientos con una jaula de grafito que actúa como lubricante, sufijos de designación VA208 o VA228

NOTA: Los rodamientos rellenos de Solid Oil, grafito sólido o pasta de grafito no requieren relubricación.

Lubricación con grasa

¿Qué hay en una grasa?

La grasa puede describirse como un "aceite espeso". La grasa para rodamientos suele ser una suspensión de aceite base en un espesante, más aditivos. Al cambiar estos ingredientes, es posible producir varias grasas diferentes para una amplia variedad de aplicaciones.

Aceite base

El aceite base constituye entre el 70 y el 95% de la grasa y puede clasificarse en una de estas tres categorías:

- mineral
- sintético
- natural

Los aceites base minerales son productos refinados del petróleo crudo. Los aceites base de las grasas suelen ser aceites minerales, puesto que son los adecuados para la mayoría de las aplicaciones.

En condiciones especiales de funcionamiento, p. ej., temperaturas de funcionamiento extremadamente bajas o altas, se prefieren los aceites base sintéticos. Los aceites base sintéticos son productos no derivados del petróleo.

Los aceites base naturales, es decir, los aceites animales y vegetales, no suelen utilizarse en los rodamientos porque existe el riesgo de que disminuya la calidad y se formen ácidos al cabo de poco tiempo.

Espesante

El espesante constituye entre el 5 y el 30% de la grasa. Es el ingrediente que retiene el aceite y los aditivos, lo que hace que la grasa funcione. El espesante también da "cuerpo" a la grasa para que pueda mantenerse en su sitio.

Hay varios espesantes, todos ellos con beneficios específicos dirigidos a determinadas condiciones de aplicación. La categoría más amplia de espesantes puede dividirse en jabonosos y no jabonosos.

Jabonosos

Las grasas más comunes llevan espesantes de jabón metálico a base de litio (Li), calcio (Ca), sodio (Na) o aluminio (Al). El jabón de litio es el más utilizado en las grasas para rodamientos.

Las grasas de jabón complejo son el resultado de una reacción química entre un metal base y dos ácidos diferentes. Estas grasas suelen tener mayor rendimiento y pueden soportar temperaturas de funcionamiento más elevadas que las grasas de jabones convencionales correspondientes.

No jabonosos

Los espesantes no jabonosos se basan a veces en ingredientes inorgánicos. Los espesantes inorgánicos, como la bentonita, la arcilla y el gel de sílice, resisten las fugas a altas temperaturas de funcionamiento y son resistentes al agua. La poliurea es un ejemplo de espesante no jabonoso.

Aditivos

Los productos químicos, conocidos como aditivos, se añaden a la grasa para conseguir o mejorar determinadas características de rendimiento. Algunos de los aditivos más comunes se enumeran en la **tabla 2**.

Aditivos para presión extrema, antidesgaste y sólidos

Los aditivos para presión extrema (Extreme pressure, EP) pueden contener muchos compuestos diferentes, por ejemplo, compuestos de azufre y fósforo. Los aditivos EP aumentan la capacidad de carga de la película de lubricante bajo grandes cargas.

Los aditivos antidesgaste (Anti-wear, AW) forman una capa protectora en las superficies metálicas, similar a los aditivos EP.

Los aditivos sólidos, como el bisulfuro de molibdeno (MoS_2) y el grafito, aportan beneficios a la grasa, en condiciones de baja velocidad, cuando el aceite base puede resultar ineficaz.

Tabla 2

Aditivos de las grasas

Aditivo	Funciones
Anticorrosivo	Mejora la protección que ofrece la grasa a las superficies de los rodamientos
Antioxidante	Retrasa la descomposición del aceite base a altas temperaturas, lo que prolonga la vida útil de la grasa
Presión extrema (EP)	Reduce los efectos perjudiciales del contacto de metal con metal
Antidesgaste (AW)	Evita el contacto de metal con metal mediante la formación de una capa protectora
Aditivo sólido	Proporciona lubricación cuando el aceite base se vuelve ineficaz

Cómo funciona la grasa en los rodamientos

El espesante de la grasa funciona como un recipiente para el aceite base y se comporta como una esponja cargada de agua. Cuando se aprieta ligeramente una esponja húmeda, sale una pequeña cantidad de agua. Cuando se aplica una fuerte presión a la esponja, se expulsa más agua.

Del mismo modo, cuando se aplica una carga a la grasa, el espesante libera el aceite base. Esto se conoce como sangrado del aceite o separación del aceite. Cuando se libera la carga, normalmente, el espesante vuelve a absorber el aceite base.

Interpretación de las fichas técnicas de las grasas

Las fichas técnicas de las grasas proporcionan información de tres categorías generales:

- las propiedades de la grasa
- las condiciones de funcionamiento del rodamiento para las que la grasa es adecuada
- los resultados de las pruebas de rendimiento de la grasa

La interpretación y comprensión de las fichas técnicas de las grasas es fundamental a la hora de seleccionarlas y de realizar el mantenimiento de la lubricación.

Propiedades de las grasas

Las fichas técnicas de las grasas suelen proporcionar información sobre las propiedades importantes de las grasas, como:

- grado de consistencia NLGI
- tipo de jabón
- punto de goteo
- viscosidad/tipo del aceite base
- rango de temperaturas de funcionamiento

Grado de consistencia NLGI

Las grasas se dividen en diferentes grados de consistencia según una escala desarrollada por el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (National Lubricating Grease Institute, NLGI) de los EE. UU. A las grasas con una consistencia elevada, es decir, grasas rígidas, se les asignan grados NLGI altos, mientras que a las que tienen una consistencia baja, es decir, grasas blandas, se les asignan grados NLGI bajos.

En total, hay nueve grados NLGI. En las aplicaciones de rodamientos, se suelen utilizar tres grados de la escala: NLGI 1, 2 y 3.

NOTA: Es importante recordar que la rigidez de la grasa no tiene nada que ver con la viscosidad del aceite base. La grasa rígida puede tener una viscosidad del aceite base alta o baja.

Tipo de jabón

Las grasas más comunes tienen jabones de litio, calcio o sodio como espesantes. Los jabones de litio y sodio tienen un amplio rango de temperaturas de funcionamiento, normalmente hasta 120 °C *(250 °F)*. Los jabones de calcio tienen un rango de temperatura de funcionamiento de hasta 80 °C *(175 °F)*, pero proporcionan una excelente protección frente al agua, incluida el agua salada.

Los jabones complejos suelen presentar mejores propiedades.

Punto de goteo

El punto de goteo de la grasa indica la temperatura a la que la grasa pierde su consistencia y se fluidifica. Esta temperatura en ningún caso representa el límite de temperatura de funcionamiento de la grasa.

Viscosidad/tipo del aceite base

La viscosidad es la resistencia al flujo de un fluido. Los diferentes fluidos tienen diferentes viscosidades. El agua tiene una baja viscosidad porque tiene una baja resistencia al flujo; la miel tiene una alta viscosidad, porque no fluye fácilmente.

La viscosidad depende de la temperatura y la presión. La viscosidad del aceite base de la grasa disminuye con el aumento de la temperatura, y aumenta cuando la temperatura disminuye. A la inversa, la viscosidad del aceite base de la grasa aumenta con el aumento de la presión.

PRECAUCIÓN: Con cada aumento de temperatura de 10 a 15 °C *(de 18 a 27 °F)*, la viscosidad de un aceite base mineral se reduce en dos veces.

La viscosidad del aceite base en las grasas se especifica a dos temperaturas:

- la temperatura de referencia estandarizada internacionalmente, es decir, 40 °C *(105 °F)*
- una temperatura alta, normalmente 100 °C *(210 °F)*

Con esta información, es posible calcular la viscosidad del aceite base a la temperatura de funcionamiento. Para obtener información sobre el cálculo de la viscosidad, consulte la sección *Cómo seleccionar un aceite adecuado* desde la **página 204**.

Rango de temperatura de funcionamiento: El concepto del semáforo de SKF

El rango de temperaturas para las grasas se divide en cinco zonas con cuatro límites de temperatura:

- límite inferior de temperatura (LTL)
- límite inferior de temperatura para un rendimiento eficaz (LTPL)
- límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz (HTPL)
- límite superior de temperatura (HTL)

SKF lo ilustra de forma esquemática en forma de "doble semáforo" (→ **fig. 1**).

El límite inferior de temperatura (LTL) es la temperatura más baja a la que la grasa permite que un rodamiento comience a funcionar sin dificultad. El LTL viene determinado, en gran medida, por el tipo de aceite base y su viscosidad.

El límite superior de temperatura (HTL) se establece por el punto de goteo de la grasa, es decir, la temperatura a la que la grasa se fluidifica.

SKF no recomienda una puesta en marcha por encima del HTL ni por debajo del LTL. De hecho, SKF recomienda límites de rendimiento bien situados dentro de los límites de temperatura recomendados por el fabricante. Estos límites se denominan límites superior e inferior para un rendimiento eficaz. Es dentro de estos dos límites, la zona verde de la **fig. 1**, donde la grasa funciona de forma confiable y se puede determinar su vida útil.

Fig. 1

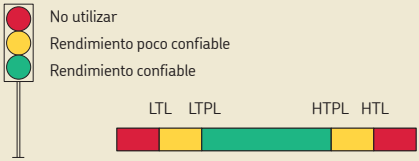


Tabla 3

Temperaturas de funcionamiento de los rodamientos (fichas técnicas de las grasas)

Descripción de la temperatura	Definición
Baja (L)	< 50 °C *(120 °F)*
Media (M)	de 50 a 100 °C *(de 120 a 210 °F)*
Alta (H)	> 100 °C *(210 °F)*
Extremadamente alta (EH)	> 150 °C *(300 °F)*

Dado que la definición del límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz (HTPL) no está estandarizada internacionalmente, hay que tener precaución a la hora de interpretar los datos de los fabricantes.

A temperaturas superiores al HTPL, la grasa envejece y se oxida con mayor rapidez y los subproductos de la oxidación pueden tener un efecto perjudicial en la lubricación. Por lo tanto, las temperaturas de funcionamiento en la zona de color ámbar entre el HTPL y el HTL, solo deberían darse durante períodos muy cortos.

Tabla 4

Velocidades de los rodamientos estándares (fichas técnicas de las grasas)

Descripción de la velocidad	Factor de velocidad del rodamiento A para Rodamientos radiales de bolas	Rodamientos de rodillos cilíndricos	Rodamientos de rodillos cónicos Rodamientos de rodillos a rótula Rodamientos de rodillos toroidales CARB
–	mm/min		
Muy baja (VL)	–	< 30 000	< 30 000
Baja (L)	< 100 000	< 75 000	< 75 000
Moderada (M)	< 300 000	< 270 000	< 210 000
Alta (H)	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
Muy alta (VH)	< 700 000	–	–
Extremadamente alta (EH)	≥ 700 000	–	–

Existe también una zona ámbar correspondiente a las bajas temperaturas. Al descender la temperatura, la tendencia de la grasa a separar aceite disminuye y la rigidez (consistencia) de la grasa aumenta. En última instancia, esto provocará un suministro insuficiente de lubricante a las superficies de contacto de los elementos rodantes y los caminos de rodadura. En la **fig. 1**, este límite de temperatura se encuentra indicado por el límite inferior de temperatura para un rendimiento eficaz (LTPL). Los períodos cortos en la zona ámbar, p. ej., durante un arranque en frío, en general no son perjudiciales, ya que el calor causado por la fricción llevará la temperatura de funcionamiento del rodamiento a la zona verde.

Grasas y condiciones de funcionamiento de los rodamientos

Las fichas técnicas de las grasas proporcionan información sobre las condiciones de funcionamiento adecuadas de los rodamientos con respecto a:

- la temperatura
- la velocidad
- la carga

Sin embargo, estas descripciones se expresan con términos generales como "baja" o "muy alta" y requieren interpretación.

Temperatura

La temperatura de funcionamiento de un rodamiento se mide lo más cerca posible del diámetro exterior del rodamiento y se ve afectada por la temperatura ambiente. Una temperatura de funcionamiento medida de 100 °C (*210 °F*) o superior se considera, por lo general, "alta".

La información sobre las temperaturas de funcionamiento de los rodamientos que figura en las fichas técnicas de las grasas puede interpretarse siguiendo las directrices de la **tabla 3**.

Velocidad

La referencia de la velocidad de funcionamiento en las fichas técnicas de las grasas se basa en el factor de velocidad del rodamiento. El factor de velocidad compara la capacidad de velocidad de los rodamientos y se expresa como

Tabla 5

Cargas de los rodamientos (fichas técnicas de las grasas)

Descripción de las cargas	Relación de carga
Liviana (L)	$P \leq 0{,}05\ C$
Moderada (M)	$0{,}05\ C < P \leq 0{,}1\ C$
Pesada (H)	$0{,}1\ C < P \leq 0{,}15\ C$
Muy pesada (VH)	$P > 0{,}15\ C$

$$A = n\ dm$$

donde
A = factor de velocidad [mm/min]
n = velocidad de giro [r. p. m.]
dm = diámetro medio del rodamiento
= 0,5 (d + D) [mm]

La información sobre las velocidades de funcionamiento de los rodamientos que figura en las fichas técnicas de las grasas puede interpretarse siguiendo las directrices de la **tabla 4**.

Carga

La referencia a la carga del rodamiento en las fichas técnicas de las grasas se basa en la relación entre la capacidad de carga dinámica C del rodamiento y la carga equivalente P de este (la carga a la que está sometido el rodamiento). Por lo tanto:

- Cuanto menor sea la carga equivalente P, mayor será la relación C/P y menor será la carga sobre el rodamiento.
- Cuanto mayor sea la carga equivalente P, menor será la relación C/P y más cargado estará el rodamiento.

La información sobre las cargas de los rodamientos que figura en las fichas técnicas de las grasas puede interpretarse siguiendo las directrices de la **tabla 5**.

Pruebas de rendimiento de las grasas

El resto de la ficha técnica de una grasa suele contener los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas con muestras de la grasa.

Los resultados de las pruebas pueden interpretarse siguiendo las directrices de la **tabla 6**.

Tabla 6

Pruebas de rendimiento de las grasas

Prueba	Qué significa esto	Medición [unidad]	Interpretación de los resultados
Punto de goteo	La temperatura a la que la grasa comienza a fluir	Temperatura [°C]	–
Penetración	Consistencia, la rigidez de la grasa (grado NLGI)	Profundidad de penetración del cono Valor entre 85 y 475 [10^{-1} mm] (60 o 100 000 recorridos)	Número alto = grasa blanda Número bajo = grasa rígida
Estabilidad al rodar	La facilidad con la que la grasa se ablanda o endurece	Cambio en la profundidad de penetración del cono [10^{-1} mm]	Número alto = menos estable Número bajo = más estable
Estabilidad mecánica	La estabilidad mecánica de la grasa cuando se somete a vibraciones	Clasificación, en función de la masa de la grasa filtrada (clasificación SKF V2F)	M = muy poca fuga de grasa m = cierta fuga de grasa Fallo = gran fuga de grasa
Protección contra la corrosión	El grado de corrosión de la grasa cuando se mezcla con agua	Valor entre 0 y 5 (clasificación SKF EMCOR[1)])	0 = sin corrosión 5 = corrosión muy severa
Separación del aceite	La cantidad de aceite que se filtra a través de un tamiz durante el almacenamiento	Porcentaje de pérdida de peso [%] (DIN 51817)	0% = sin separación de aceite 100% = separación completa de aceite
Resistencia al agua	El cambio de la grasa después de la inmersión en agua	Valor entre 0 y 3 (en base a la inspección visual) (DIN 51807/1)	0 = sin cambios 3 = cambio importante
Capacidad de lubricación	La capacidad de lubricación de la grasa en condiciones de funcionamiento típicas de los rodamientos de gran tamaño ($d \geq 200$ mm)	Clasificación, que depende de la capacidad de la grasa para lubricar rodamientos de gran tamaño en condiciones normales o de alta temperatura (máquina de prueba de grasas SKF R2F)	Prueba sin calentamiento (condiciones normales de temperatura) Aprobado = la grasa es adecuada Fallo = la grasa no es adecuada Prueba con calentamiento (condiciones de alta temperatura) Aprobado = la grasa es adecuada Fallo = la grasa no es adecuada
Corrosión del cobre	El grado de protección de las aleaciones de cobre que ofrece la grasa	Valor entre 1 y 4 (en base a la inspección visual) (DIN 51811)	1 = buena protección 4 = muy mala protección
Vida útil de la grasa para rodamientos	La vida útil de la grasa	Tiempo hasta la falla del rodamiento [horas] (máquina de prueba de grasas SKF R0F)	–
Rendimiento EP (prueba VKA)	Posibilidad de clasificar la grasa como grasa EP	Límite de presión extrema de la grasa [N] (DIN 51350/4)	–
Corrosión por contacto	Capacidad de la grasa para proteger contra la corrosión por contacto	Desgaste del rodamiento [mg] (ASTM D4170)	–

[1)] Estandarizado de acuerdo con la norma ISO 11007.

Selección de una grasa adecuada

Todas las precauciones que se tomen para evitar una falla prematura de los rodamientos no servirán de nada si se selecciona una grasa incorrecta. Por lo tanto, la selección de la grasa es fundamental para el éxito operativo de cualquier máquina. Una grasa con base de aceite mineral y espesante de litio con un grado NLGI 2 es suficiente para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta todos los factores implicados, como se explica a continuación.

Reúna toda la información pertinente antes de iniciar el proceso de selección:

- aplicación
- tipo de rodamiento y dimensiones principales
- carga del rodamiento
- temperaturas de funcionamiento y ambiente
- velocidad de giro
- orientación del eje
- influencias externas, p. ej., vibración, oscilación
- detalles de la contaminación

PRECAUCIÓN: Antes de seleccionar la grasa inicial o de cambiar a una grasa diferente, asegúrese de comprobar la documentación del fabricante de la máquina. No todas las grasas son compatibles entre sí, y puede haber componentes de la máquina que no sean compatibles con algunos aditivos del lubricante.

Herramientas de selección de grasas

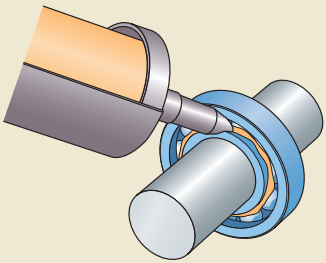
Para seleccionar una grasa SKF apropiada, se puede utilizar el programa de selección de grasas de SKF LubeSelect. Otro programa de SKF, LuBase, contiene información sobre más de 2000 lubricantes suministrados por más de 100 proveedores de lubricantes. Ambos programas están disponibles en línea en www.aptitudexchange.com.

Una tabla de selección de grasas para rodamientos SKF aparece en el **Anexo M**, en las **páginas 430** y **431**. Para obtener más información sobre cómo seleccionar una grasa adecuada, visite www.skf.com/bearings.

Cómo engrasar los rodamientos y los componentes asociados en la instalación inicial

La mayoría de los rodamientos abiertos se suministran sin engrasar. Sin embargo, están protegidos con un conservante que inhibe la corrosión. El inhibidor de corrosión de los rodamientos SKF es compatible con la mayoría de los lubricantes y aditivos (excepto, por ejemplo, SKF LGET 2) y no es necesario retirarlo antes del engrase inicial. Los rodamientos con placa de protección o sellos en ambos lados se engrasan en la fábrica y no requieren grasa adicional al montarlos.

Fig. 2



AVISO
La grasa fluorada SKF LGET 2 no es compatible con otras grasas, aceites ni conservantes. Por lo tanto, es imprescindible lavar a fondo los rodamientos y limpiar los sistemas antes de aplicar grasa nueva.

PRECAUCIÓN: No lave nunca un rodamiento que tenga un sello o una placa de protección instalada en ambos lados.

El mejor momento para aplicar la grasa

Por lo general, los rodamientos abiertos se lubrican después del montaje (→ **fig. 2**). La razón más importante para esto es la limpieza. Cuanto más tarde se aplique la grasa, menos posibilidades hay de que entren contaminantes en el rodamiento.

Los rodamientos deben lubricarse antes del montaje cuando no hay otra forma de que la grasa entre en el rodamiento.

La cantidad correcta

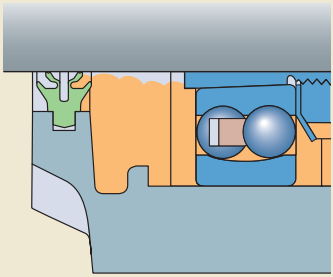
Como regla general, para los rodamientos montados en soportes, los rodamientos deben estar completamente llenos (100%) de grasa antes de la puesta en marcha.

El espacio libre del soporte debe llenarse parcialmente (30 a 50%) con grasa (→ **fig. 3**). En las aplicaciones no vibratorias, en las que los rodamientos deben funcionar a velocidades muy bajas y donde es necesario contar con una buena protección contra los contaminantes, SKF recomienda llenar hasta el 90% del espacio libre del soporte con grasa.

Una alternativa para entornos muy contaminados es llenar el soporte por completo y utilizar un rodamiento SKF sellado. Esta triple capa de protección utiliza el sello del soporte, la grasa en el soporte y el sello del rodamiento para proteger el rodamiento y el lubricante dentro del rodamiento, incluso de los contaminantes más pequeños.

PRECAUCIÓN: Deje siempre espacio libre en el soporte para que la grasa expulsada del rodamiento durante la puesta en marcha tenga dónde ir. Si el soporte se llena por completo, puede producirse una agitación, que puede aumentar la temperatura de funcionamiento hasta 50 °C *(90 °F)*. Además, la grasa puede quemarse y provocar la falta de lubricante. Si no se puede realizar el rodaje, el llenado inicial de grasa debe reducirse a un máximo del 30% del volumen libre del rodamiento.

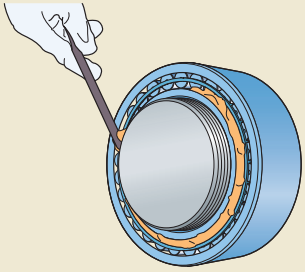
Fig. 3



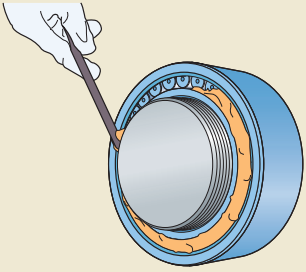
Cuando se montan sellos laberínticos, los huecos radiales o axiales en la disposición laberíntica deben estar completamente llenos de grasa.

Los sellos de doble labio y los sellos con un labio auxiliar rozante también deben estar completamente llenos de grasa, ya que la grasa no solo actúa como sello, también disminuye las temperaturas debajo del labio.

Fig. 4



a) Engrase de rodamientos de rodillos toroidales CARB con jaula (funcionamiento a alta velocidad)



b) Engrase de rodamientos de rodillos toroidales CARB completamente llenos de rodillos

Rodamientos de rodillos toroidales CARB

Los rodamientos de rodillos toroidales CARB tienen un espacio libre relativamente grande disponible para la grasa (→ **fig. 4**). Si estos rodamientos están totalmente engrasados y funcionan a velocidades relativamente altas (> 75% de la velocidad de referencia), se pueden esperar temperaturas de funcionamiento elevadas. Por lo tanto, SKF recomienda llenar con grasa únicamente el espacio entre el aro interior y la jaula del rodamiento (**a**).

En el caso de los rodamientos CARB completamente llenos de elementos rodantes o los rodamientos CARB que funcionan a velocidades bajas o moderadas, esos rodamientos deben llenarse completamente de grasa (**b**).

Rodamientos de alta y superprecisión

Los rodamientos de alta y superprecisión deben lubricarse, por lo general, con pequeñas cantidades de grasa. En las aplicaciones de máquinas herramienta, que funcionan principalmente a velocidades altas o muy altas, menos del 30% del espacio libre de los rodamientos debería estar lleno de grasa. Según la experiencia sobre el terreno, el relleno de grasa más habitual es de entre el 10 y el 15% del espacio libre del rodamiento.

Para obtener más información sobre el engrase de rodamientos de alta y superprecisión, visite www.skf.com/bearings.

Técnicas de engrase en el montaje

Las técnicas de engrase varían en función del diseño de los rodamientos y sus soportes. Los rodamientos pueden ser desarmables o no desarmables; los soportes pueden tener una sola pieza o dos. A continuación se presentan algunas directrices para el engrase de los rodamientos.

Para obtener información sobre el montaje de los rodamientos, consulte la sección *Montaje de rodamientos*, desde la **página 44**.

Rodamientos desarmables

Los rodamientos desarmables incluyen los rodamientos de rodillos cilíndricos y de rodillos cónicos, los rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto y todos los tipos de rodamientos axiales. Estos rodamientos deben engrasarse mientras están desarmados en el orden determinado por la secuencia de montaje. Asegúrese de que el espacio libre entre los elementos rodantes y la jaula esté completamente lleno de grasa. Si el conjunto de elementos rodantes y jaula se puede separar de ambos aros, engrase ligeramente el camino de rodadura de uno de los aros para evitar dañar la superficie cuando el conjunto de elementos rodantes y jaula se vuelva a colocar en el aro.

Rodamientos no desarmables

Los rodamientos no desarmables, como los rodamientos rígidos y los rodamientos de bolas de contacto angular, pueden llenarse preferiblemente de grasa por ambos lados durante el proceso de montaje.

En el caso de los rodamientos de bolas a rótula, los rodamientos de rodillos a rótula y los rodamientos de rodillos toroidales CARB, se puede girar un aro del rodamiento para facilitar el engrase. A continuación, los rodamientos deben girarse varias veces para distribuir la grasa uniformemente.

PRECAUCIÓN: Al girar el aro de un rodamiento de rodillos toroidales CARB o un rodamiento autoalineable, los elementos rodantes inferiores pueden descender ligeramente. Esto puede hacer que los elementos rodantes se atasquen contra el aro exterior al girarlo de nuevo a su posición y dañar el rodamiento. Para evitarlo, guíe los elementos rodantes suavemente hacia su posición.

Engrasar los rodamientos antes del montaje

Los rodamientos abiertos que no pueden engrasarse después del montaje, deben engrasarse de la siguiente manera antes del montaje:

1. Coloque el rodamiento sobre una lámina de plástico limpia.
2. Calce los rodamientos más grandes o utilice un bloque en V para mantener el rodamiento en su sitio.
3. Llene de grasa el espacio libre, por ambos lados, entre los elementos rodantes y la jaula, utilizando un engrasador. En el caso de los rodamientos autoalineables, gire uno de los aros del rodamiento, deje al descubierto los elementos rodantes, y luego aplique la grasa.
4. Si el rodamiento no se va a montar inmediatamente, envuélvalo en plástico.

Rodaje de los rodamientos lubricados con grasa

Durante la puesta en marcha inicial, aumenta la temperatura en un rodamiento recién engrasado.

Por consiguiente, si es posible, SKF recomienda hacer un rodaje de los rodamientos antes de hacerlos funcionar a plena velocidad. Esto es especialmente importante para las aplicaciones de alta velocidad. Sin un período de rodaje, el aumento de temperatura puede ser considerable.

El proceso de rodaje consiste en hacer funcionar el rodamiento a velocidades crecientes a partir de una velocidad inicial baja. Al final del período de rodaje, la grasa se habrá distribuido por todo el rodamiento y la temperatura de funcionamiento se habrá estabilizado.

Relubricación

La grasa no es eterna. Bajo la influencia del tiempo, la temperatura, el trabajo mecánico, el envejecimiento y la entrada de contaminantes, la grasa de un rodamiento se deteriora y pierde poco a poco sus propiedades lubricantes. La relubricación es la adición de grasa nueva en un rodamiento después de un cierto período de funcionamiento.

Hay tres factores críticos para una relubricación adecuada: el tipo de grasa, la cantidad de grasa y el intervalo de relubricación. La cantidad de grasa y el intervalo de relubricación dependen, en gran medida, de si la grasa se aplica de forma manual o automática.

Los rodamientos sellados suelen estar lubricados de por vida y, por lo general, no requieren relubricación. Sin embargo, cuando las condiciones de funcionamiento son duras, puede ser necesaria la relubricación. Por ello, varios tipos de rodamientos sellados tienen características de relubricación.

Intervalos de relubricación

Los intervalos de relubricación dependen de muchos factores relacionados. Asegúrese de comprobar las recomendaciones del fabricante de la máquina antes de desarrollar un programa de relubricación. Si no es posible, reúna toda la información pertinente antes de calcular los intervalos de relubricación:

- aplicación
- tipo de rodamiento y dimensiones principales
- carga del rodamiento
- temperaturas de funcionamiento y ambiente
- velocidad de giro
- orientación del eje
- influencias externas, p. ej., vibración, oscilación
- detalles de la contaminación

El intervalo de relubricación, t_f puede obtenerse del **diagrama 1**, en función de:

- el factor de velocidad A
- el factor del rodamiento b_f
- la relación de carga C/P

donde
$A = n\, d_m$ [mm/min]
n = velocidad de giro [r. p. m.]
d_m = diámetro medio del rodamiento
$= 0{,}5\,(d + D)$ [mm]
b_f = factor del rodamiento que depende del tipo de rodamiento y de las condiciones de carga (para los rodamientos de rodillos a rótula con carga axial) (**→ tabla 7**, **página 194**)

Si el análisis de fallas de los rodamientos indica que ha habido un problema de calor y/o lubricación, compruebe primero si se ha utilizado la grasa adecuada. Si es así, compruebe los límites recomendados para el factor de velocidad A en la **tabla 7**, **página 194**. Si el factor de velocidad de la aplicación es superior a los indicados, el cambio a un sistema de baño de aceite o de circulación de aceite puede aumentar considerablemente la vida útil del rodamiento.

Los intervalos de relubricación del **diagrama 1** son estimaciones, en función de las siguientes condiciones de funcionamiento:

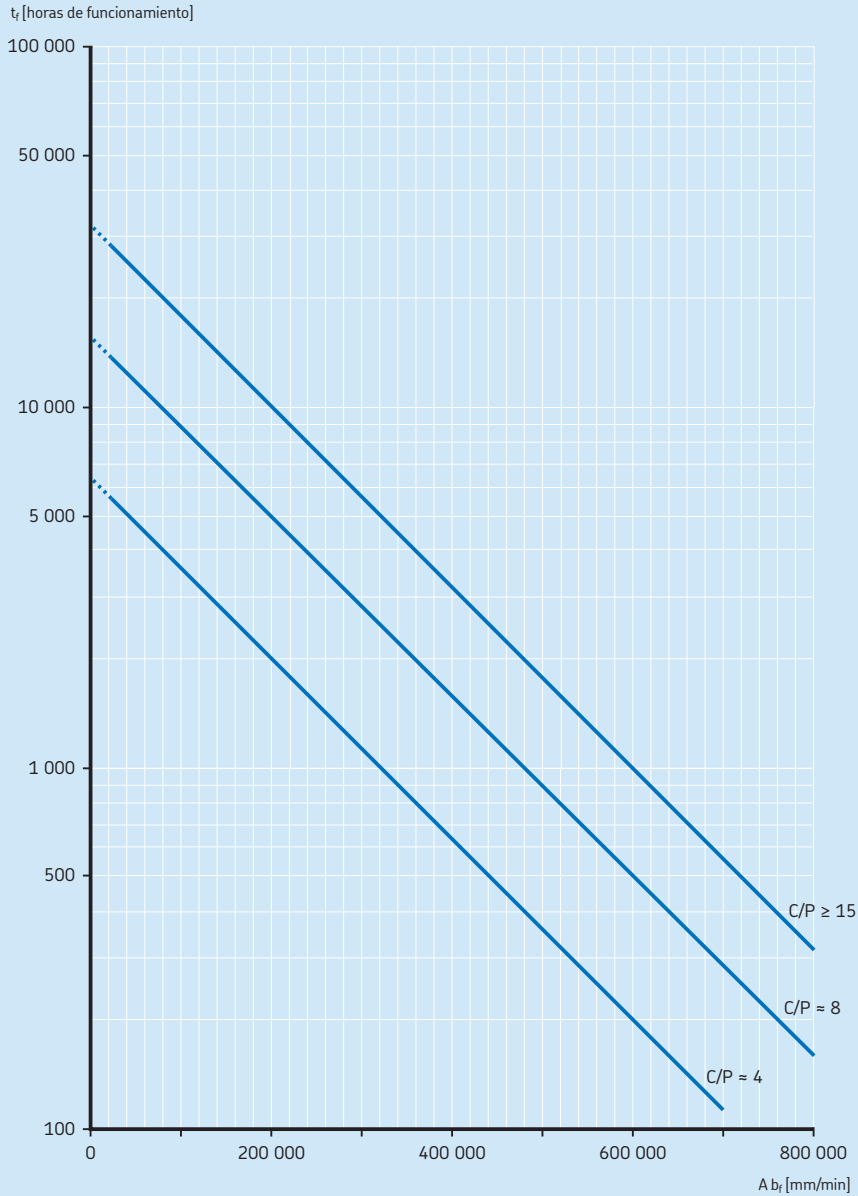
- una temperatura de funcionamiento de 70 °C *(160 °F)*
- lubricación con grasa de buena calidad a base de litio
- un eje horizontal
- un aro interior giratorio
- un entorno limpio

Cuando las condiciones de funcionamiento del rodamiento sean diferentes, ajuste los intervalos de relubricación según la información proporcionada en la **tabla 8**, **página 195**.

NOTA: Cuando se utilicen diferentes rodamientos en un conjunto, aplique el intervalo de relubricación más corto que se haya calculado a todos los rodamientos.

Diagrama 1

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



El programa de selección de grasas SKF, LubeSelect, disponible en línea en www.aptitudexchange.com, también puede utilizarse para calcular los intervalos de relubricación.

Procedimientos de relubricación

La elección de un procedimiento de relubricación depende, en general, de la aplicación, de las condiciones de funcionamiento y del intervalo de relubricación tf. Existen dos procedimientos principales de relubricación: la reposición y la relubricación continua (→ **tabla 9**).

Tabla 7

Factores de los rodamientos y límites recomendados para el factor de velocidad A

Tipo de rodamiento[1]	Factor del rodamiento b_f	Límites recomendados para el factor de velocidad A, para la 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 rodillos cónicos	2	350 000	300 000	200 000
Rodamientos de rodillos a rótula				
• cuando $F_a/F_r \leq e$ 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[4]	50 000[4]
• cuando $F_a/F_r \leq e$ y $d_m > 800$ mm				
– series 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– series 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– serie 241	2	100 000	50 000[4]	30 000[4]
• cuando $F_a/F_r > e$				
– todas las series	6	150 000	50 000[4]	30 000[4]
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 rodillos a rótula				
• arandela de eje rotativa	4	200 000	120 000	60 000

1) Los factores del rodamiento y los límites prácticos recomendados para el factor de velocidad A se aplican a los rodamientos con geometría interna estándar y jaulas estándares. Para diseños internos alternativos de rodamientos y jaulas especiales, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
2) El valor t_f obtenido del **diagrama 1**, **página 193** debe dividirse por un factor de 10.
3) No aplicable. Para estos valores de C/P, SKF no recomienda un rodamiento completamente lleno de elementos rodantes, sino un rodamiento con jaula.
4) Para velocidades más altas, se recomienda utilizar lubricación con aceite.

Tabla 8

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	Justificar el envejecimiento acelerado de la grasa con el aumento de la temperatura
	Por cada 15 °C (27 °F) por debajo de 70 °C (160 °F)	El doble del intervalo (dos veces como máximo)[1]	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 y cargas de choque	Reducción del intervalo[2]	La grasa tiende a "asentarse" en las aplicaciones vibratorias, lo que da lugar a una agitación
Giro del aro exterior	Giro del aro exterior o peso del eje excéntrico	Calcule el factor de velocidad A usando D, no d_m	En estas condiciones, la grasa tiene una vida útil más corta
Contaminación	Fuerte contaminación o presencia de contaminantes líquidos	Reducción del intervalo[2] [3]	Reducir los efectos perjudiciales provocados por los contaminantes
Carga	Cargas muy altas es decir, P > 0,15 C	Reducción del intervalo[2]	En estas condiciones, la grasa tiene una vida útil más corta
Tamaño del rodamiento	Rodamientos con un diámetro del agujero d > 300 mm	Reducción del intervalo[2]	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[4]	La mitad del intervalo	La separación de aceite es limitada con estos diseños de jaula

[1] Para los rodamientos axiales y completamente llenos de elementos rodantes, no amplíe el intervalo.
[2] Comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
[3] Para condiciones de intensa contaminación, considere los rodamientos SKF sellados o la relubricación continua.
[4] Para las jaulas P, PH, M y MR, no hay necesidad de realizar ajustes.

Tabla 9

Procedimientos de relubricación

Procedimiento de relubricación	Intervalo de relubricación adecuado t_f	Ventajas	Desventajas	Requisitos
Reposición	t_f < 6 meses	Funcionamiento sin interrupciones	Se necesitan conductos de lubricación en el soporte del rodamiento	Soportes de rodamientos equipados con boquillas engrasadoras
			Requiere mucha mano de obra	Pistola engrasadora
			Se necesita un fácil acceso al soporte del rodamiento	
			Alto riesgo de contaminación	
Relubricación continua	t_f es muy corto	Ideal para puntos de difícil acceso	Se requiere una buena capacidad de bombeo de la grasa (especialmente a temperatura ambiente baja)	Lubricadores automáticos o sistemas de lubricación centralizada
		Bajo riesgo de contaminación		
		No requiere mucha mano de obra		
		Posibilidad de monitoreo continuo de la lubricación		
		Funcionamiento sin interrupciones		

Reposición

Dado que solo debe sustituirse la grasa del rodamiento, la cantidad necesaria para la reposición depende exclusivamente del tamaño del rodamiento.

Algunos rodamientos están provistos de características de relubricación en el aro interior o exterior para facilitar una relubricación eficiente a través del centro del rodamiento (→ **fig. 5**). La cantidad adecuada de grasa para la reposición es, entonces

$$G_p = 0{,}002\ D\ B$$

Los demás rodamientos solo se pueden relubricar por el lateral (→ **fig. 6**). La cantidad adecuada de grasa para la reposición es, entonces

$$G_p = 0{,}005\ D\ B$$

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 (para rodamientos axiales, utilizar la altura H) [mm]

Las disposiciones de rodamientos en soportes que tienen sellos rozantes, es decir, sellos de dos o cuatro labios, deben estar equipadas con un orificio de escape de grasa para permitir que la grasa usada y el exceso de grasa se purguen de la disposición. El orificio de escape debe situarse en el mismo lado que la tuerca de fijación y, por lo tanto, en el lado opuesto al de la boquilla engrasadora (→ **fig. 7**).

Las disposiciones de rodamientos con sellos no rozantes, como los sellos laberínticos, no requieren un orificio de escape de grasa, ya que la grasa usada y el exceso de grasa se expulsan entre los huecos del laberinto cuando se introduce grasa nueva (→ **fig. 8**).

La grasa debe reponerse cuando el lubricante empieza a deteriorarse. Para la reposición de grasa, SKF recomienda lo siguiente:

1. Si se introduce una grasa diferente, compruebe que las grasas sean compatibles (→ *Compatibilidad de las grasas*, desde la **página 200**).
2. Limpie la boquilla engrasadora.
3. Reponga la grasa mientras la máquina está en funcionamiento. Si esto no es posible, gire el eje a mano.
4. Cuando existan conductos de lubricación largos y temperaturas ambiente bajas, compruebe que la grasa se bombea adecuadamente verificando que no haya una excesiva separación de aceite como resultado de la acción de bombeo.
5. Después de tres a cinco reposiciones, si es posible, renueve el relleno de grasa (→ *Renovación*, desde la **página 198**).

PRECAUCIÓN: No aplique más grasa de la adecuada. Si hay fugas de grasa en los sellos rozantes por sobrellenado, esto podría dañar los sellos y causar sobrecalentamiento y falla prematura del rodamiento.

Fig. 5

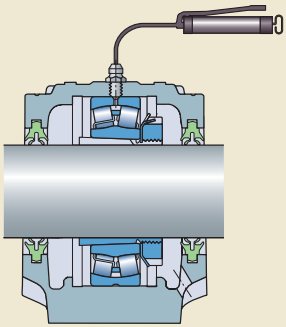
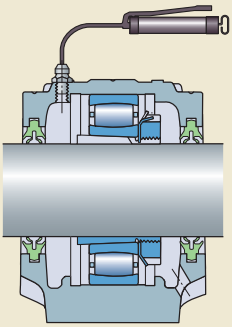


Fig. 6



Relubricación continua

La relubricación continua se utiliza, por ejemplo, en aplicaciones de alta velocidad en las que se requiere continuamente una pequeña cantidad de lubricante. También se utiliza en entornos muy contaminados, en los que la lubricación continua es necesaria para mantener alejados los contaminantes.

Las soluciones de lubricación automática están diseñadas para la lubricación continua o cuando los puntos de lubricación son de acceso difícil o peligroso, o cuando es necesario mejorar la confiabilidad de las tareas de relubricación. La principal ventaja de la lubricación automática es que proporciona un control más preciso sobre el lubricante y la cantidad que se suministra a cada punto de lubricación. Además, se reduce el riesgo de contaminación asociado al engrase manual con pistolas engrasadoras.

La cantidad de grasa necesaria para la relubricación continua puede calcularse, de forma aproximada, mediante la fórmula

$$G_k = (0{,}3 \ldots 0{,}5)\, D\, B \times 10^{-4}$$

donde

G_k = cantidad de grasa que se debe suministrar continuamente [g/h]
D = diámetro exterior del rodamiento [mm]
B = ancho total del rodamiento (para rodamiento axial, utilizar la altura H total) [mm]

Como alternativa, la cantidad de reposición calculada G_p (→ *Reposición*, **página 196**) puede repartirse a lo largo del intervalo de relubricación.

SKF fabrica lubricadores automáticos de un solo punto y de varios puntos, como los lubricadores SKF SYSTEM 24. Los sistemas de lubricación centralizada ofrecen otra opción para la lubricación automática (→ *Sistemas de lubricación centralizada*, desde la **página 213**).

Fig. 7

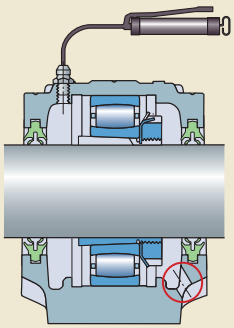
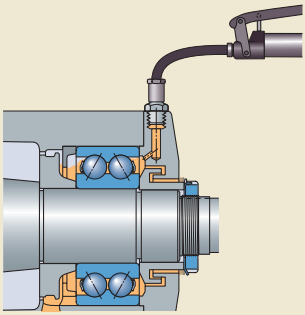


Fig. 8



SKF SYSTEM 24

Los lubricadores SKF SYSTEM 24 de la serie LAGD (→ **fig. 9**) constan de un recipiente transparente, lleno de un lubricante específico, y una celda productora de gas. Los valores del dial de ajuste temporal son una indicación del tiempo real de vaciado. Los lubricadores pueden desactivarse de forma transitoria poniendo a cero el dial de ajuste temporal.

Los lubricadores SKF SYSTEM 24 de la serie LAGE (→ **fig. 10**) constan de un recipiente transparente, lleno de un lubricante específico, y un sistema de lubricación electromecánica. Hay disponibles juegos de recarga con baterías. La tasa de suministro es independiente de la temperatura.

Ambas series de lubricadores tienen una presión máxima de funcionamiento de 5 bar y una rosca de conexión G 1/4. Los datos técnicos adicionales aparecen en la **tabla 10**.

PRECAUCIÓN: Compruebe que el nuevo lubricador contenga la misma grasa que el antiguo. Si se introduce una grasa nueva, compruebe que las grasas sean compatibles.

AVISO
Para reducir al mínimo la posibilidad de que se produzcan lesiones graves, antes de comenzar cualquier trabajo, realice los procedimientos de bloqueo y etiquetado requeridos.

Renovación

La renovación es el proceso de parar una máquina, retirar la grasa existente en el interior del rodamiento y sustituirla por grasa nueva. La renovación del relleno de grasa se recomienda, por lo general, después de varias reposiciones o cuando el intervalo de relubricación es superior a seis meses.

Cuando se renueva el relleno de grasa en una disposición de rodamientos con soporte de dos piezas, SKF recomienda lo siguiente:

1. Limpie el área de trabajo.
2. Abra el soporte.
3. Retire completamente la grasa usada en la cavidad del soporte, mediante una espátula, y limpie esta cavidad con un disolvente.
4. Limpie el rodamiento con disolvente y déjelo secar. Los restos de disolvente se evaporarán.
5. Rellene el espacio libre entre los elementos rodantes y la jaula con grasa desde el lado accesible, utilizando un engrasador.

Fig. 9



Fig. 10



6 Rellene de grasa entre el 30 y el 50% del soporte (cantidad típica para aplicaciones normales).
7 Vuelva a colocar la tapa del soporte en su sitio.
8 Realice el rodaje del rodamiento.

Cuando no se puede acceder fácilmente a los soportes, pero están provistos de boquillas engrasadoras y un orificio de escape de grasa, SKF recomienda lo siguiente:

PRECAUCIÓN: Si se introduce una grasa diferente, compruebe que las grasas sean compatibles (→ *Compatibilidad de las grasas*, desde la **página 200**).

1 Asegúrese de que el orificio de escape de grasa esté abierto.
2 Limpie la boquilla engrasadora.
3 Introduzca grasa nueva de forma constante (no demasiado rápido) a través de la boquilla engrasadora, mientras la máquina está en funcionamiento.
4 Recoja la grasa usada expulsada por el orificio de escape en un recipiente.
5 Siga añadiendo grasa nueva hasta que salga por el orificio de escape.

PRECAUCIÓN: Si se añade demasiada grasa o demasiado rápido sin que se pueda purgar, se producirá una agitación y altas temperaturas de funcionamiento.

Tabla 10

Lubricadores SKF SYSTEM 24

Propiedad	Lubricador LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Capacidad de grasa	60 ml	125 ml	122 ml	250 ml
Tiempo de vaciado nominal	De 1 a 12 meses (ajustable)	De 1 a 12 meses (ajustable)	1, 3, 6, 9 o 12 meses (ajustable)	1, 3, 6, 9 o 12 meses (ajustable)
Rango de temperaturas ambiente	de -20 °C a +60 °C *(de –5 a +140 °F)*	de -20 °C a +60 °C *(de –5 a +140 °F)*	de 0 a +55 °C *(de 30 a 130 °F)*	de 0 a +55 °C *(de 30 a 130 °F)*
Designación de pedidos de lubricadores precargados	LAGD 60/ lubricante	LAGD 125/ lubricante	LAGE 125/ lubricante	LAGE 250/ lubricante
Grasas SKF adecuadas	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Aceites para cadenas SKF adecuados [1]	–	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

[1] Para obtener más información sobre los aceites para cadenas SKF, consulte la **tabla 16** en la **página 209**.

Compatibilidad de la grasa

Antes de cambiar de un tipo de grasa a otro, compruebe que las dos grasas sean compatibles. Además, dado que la grasa en una disposición de rodamientos entra en contacto con todo el rodamiento, la grasa debe ser compatible con todos los materiales del rodamiento y con cualquier conservante o revestimiento que tenga.

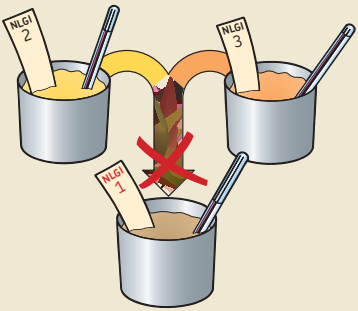
Compatibilidad entre grasas

Por lo general, las grasas con el mismo espesante y aceites base similares pueden mezclarse sin problemas. Sin embargo, si se mezclan dos grasas incompatibles, la mezcla resultante suele tener una consistencia más blanda (→ **fig. 11**) y puede provocar una falla prematura del rodamiento por fugas de grasa de este. La mezcla también tiene una temperatura máxima de funcionamiento más baja y la película de lubricante (en funcionamiento) tiene una capacidad de carga menor que la de las grasas individuales.

PRECAUCIÓN: Por lo general, es una buena práctica no mezclar grasas. Si no se conoce el tipo de grasa original, primero se debe retirar completamente la grasa usada y luego rellenar (→ *Renovación*, desde la **página 198**).

Para determinar si dos grasas son compatibles, compare los aceites base (→ **tabla 11**) y los espesantes (→ **tabla 12**).

Fig. 11



AVISO
La grasa fluorada SKF LGET 2 no es compatible con otras grasas, aceites ni conservantes. Por lo tanto, es imprescindible lavar a fondo los rodamientos y limpiar los sistemas antes de aplicar grasa nueva.

Tabla 11

Compatibilidad de los aceites base

	Mineral/PAO	Éster	Poliglicol	Silicona: metilo	Silicona: fenilo	Polifenil-éter	PFPE
Mineral/PAO	+	+	-	-	+	o	-
Éster	+	+	+	-	+	o	-
Poliglicol	-	+	+	-	-	-	-
Silicona: metilo	-	-	-	+	+	-	-
Silicona: fenilo	+	+	-	+	+	+	-
Polifeniléter	o	o	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

+ = Compatible o = Requiere prueba - = Incompatible

Tabla 12

Compatibilidad de los espesantes

	Litio	Calcio	Sodio	Complejo de litio	Complejo de calcio	Complejo de sodio	Complejo de bario	Complejo de aluminio	Arcilla	Poliurea común [1]	Complejo de sulfonato de calcio
Litio	+	o	-	+	-	o	o	-	o	o	+
Calcio	o	+	o	+	-	o	o	-	o	o	+
Sodio	-	o	+	o	o	+	+	-	o	o	-
Complejo de litio	+	+	o	+	+	o	o	+	-	-	+
Complejo de calcio	-	-	o	+	+	o	-	o	o	+	+
Complejo de sodio	o	o	+	o	o	+	+	-	-	o	o
Complejo de bario	o	o	+	o	-	+	+	+	o	o	o
Complejo de aluminio	-	-	-	+	o	-	+	+	-	o	-
Arcilla	o	o	o	-	o	-	o	-	+	o	-
Poliurea común[1)]	o	o	o	-	+	o	o	o	o	+	+
Complejo de sulfonato de calcio	+	+	-	+	+	o	o	-	-	+	+

+ = Compatible o = Requiere prueba - = Incompatible

[1)] Se ha probado con éxito la compatibilidad de SKF LGHP 2 con las grasas que contienen espesantes de litio y de complejos de litio.

7

Síntomas de incompatibilidad de las grasas

Los siguientes síntomas, observados durante el funcionamiento, son típicos de la incompatibilidad de las grasas:

- fuga de lubricante
- endurecimiento del lubricante
- cambio de color del lubricante
- aumento de la temperatura de funcionamiento

Prueba rápida de compatibilidad

Se puede realizar una prueba rápida, basada en la compatibilidad del espesante (estabilidad mecánica) y la compatibilidad del aceite base (humectación de la superficie) de la siguiente manera:

1. Colocar cantidades iguales de cada tipo de grasa en un recipiente.
2. Remover la mezcla con una varilla.
3. Verter la mezcla en otro recipiente.

Si la mezcla se endurece, o se vuelve mucho más blanda y se vierte más fácilmente del recipiente que cualquiera de las grasas originales, probablemente esas grasas sean incompatibles.

PRECAUCIÓN: ¡Esta prueba rápida de compatibilidad es solamente orientativa! SKF recomienda realizar pruebas de laboratorio reales para determinar la compatibilidad.

Compatibilidad entre las grasas y los materiales de los rodamientos

Las grasas para rodamientos SKF son compatibles con la mayoría de los materiales de los rodamientos. No obstante, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Las grasas que contienen aditivos EP pueden reaccionar de forma adversa con las jaulas de poliamida 66 por encima de los 100 °C (*210 °F*).
- Las grasas que contienen aditivos EP de azufre pueden atacar las jaulas de latón por encima de los 100 °C (*210 °F*).
- La grasa a base de un aceite de éster no es compatible con los sellos hechos de caucho acrílico (ACM).

Compatibilidad entre las grasas y los conservantes de rodamientos SKF

Los rodamientos SKF se tratan con un conservante a base de petróleo que es compatible con la mayoría de las grasas para rodamientos. Sin embargo, el conservante no es compatible con las grasas sintéticas a base de aceite fluorado con un espesante de PTFE, como SKF LGET 2. Cuando se utilizan estas grasas, es importante lavar y secar cuidadosamente los rodamientos antes de aplicar esta grasa.

Para eliminar el conservante de un rodamiento, utilice guantes resistentes a la grasa y un detergente adecuado. Como el detergente se evapora rápidamente, la grasa debe aplicarse inmediatamente después para evitar que las superficies se oxiden.

Productos para lubricación con grasa SKF

SKF ofrece una amplia gama de grasas para rodamientos y equipos de lubricación con grasa, que cubren la mayoría de los requisitos de las aplicaciones (→ **Anexo L,** desde la **página 420**). Encontrará más detalles sobre las grasas para rodamientos de SKF y una guía de selección de grasas en el **Anexo M**, desde la **página 423**. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com y www.skf.com/lubrication.

Lubricación con aceite

¿Qué hay en un aceite?

El aceite lubricante está compuesto por un aceite base mezclado con aditivos.

Aceite base

El aceite base constituye aproximadamente el 95% del aceite lubricante y se clasifica en tres grupos:

- mineral
- sintético
- natural

Los aceites base minerales son productos a base de petróleo. Estos aceites son, por lo general, los preferidos para la lubricación de rodamientos.

Los aceites base sintéticos se suelen considerar para la lubricación de rodamientos en condiciones especiales de funcionamiento, p. ej., a temperaturas de funcionamiento muy bajas o muy altas. El término "aceite sintético" abarca una amplia gama de bases diferentes, como las polialfaolefinas (PAO), los polialquilenglicoles (PAG) y los ésteres.

Los aceites base naturales, es decir, los aceites animales y vegetales, no suelen utilizarse en los rodamientos porque existe el riesgo de que disminuya la calidad y se formen ácidos al cabo de poco tiempo.

Aditivos

Los productos químicos, conocidos como aditivos, se añaden a los aceites base para conseguir o mejorar determinadas propiedades de rendimiento. Los aditivos suelen agruparse según su función, por ejemplo, aditivos de rendimiento, de protección del lubricante o de protección de la superficie.

Algunos de los aditivos más comunes se enumeran en la **tabla 13**.

Tabla 13

Aditivos de aceite

Aditivo	Funciones
Anticorrosivo	Mejora la protección que ofrece el aceite a las superficies de los rodamientos (soluble en agua o aceite)
Antioxidante	Retrasa la descomposición del aceite base a altas temperaturas, lo que prolonga la vida útil del lubricante
Antiespumante	Evita la formación de burbujas
Presión extrema (EP)	Reduce los efectos perjudiciales del contacto de metal con metal
Antidesgaste (AW)	Evita el contacto de metal con metal
Aditivo sólido	Proporciona lubricación cuando el aceite base se vuelve ineficaz

Viscosidad del aceite

La propiedad más importante del aceite lubricante es la viscosidad. La viscosidad es la resistencia de un fluido a fluir y depende de la temperatura y la presión. La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura y aumenta con el descenso de esta. Un aceite de alta viscosidad fluye con menos facilidad que un aceite más fino y de baja viscosidad.

La viscosidad del aceite suele especificarse a la temperatura de referencia estandarizada internacionalmente, es decir, 40 °C *(105 °F)*.

Índice de viscosidad (VI)

La relación entre la viscosidad y la temperatura de un aceite se caracteriza por el índice de viscosidad (viscosity index, VI). Si el aceite tiene un VI alto, significa que se produce un cambio mínimo en la viscosidad del aceite con los cambios de temperatura. De forma similar, un aceite que depende en gran medida de la temperatura tiene un VI bajo.

Para la lubricación de rodamientos, SKF recomienda utilizar aceites con un VI de, al menos, 95.

Grado de viscosidad (VG) ISO

La ISO tiene una norma establecida sobre la viscosidad del aceite, conocida como grado de viscosidad (viscosity grade, VG) ISO. Se trata simplemente de la viscosidad media del aceite a 40 °C *(105 °F)*. A modo de ejemplo, el aceite ISO VG 68 tiene una viscosidad media de 68 mm2/s a 40 °C *(105 °F)* (68 cSt).

Las viscosidades mínimas y máximas para cada grado de viscosidad ISO se indican en el **Anexo I-2**, en la **página 415**. Una comparación de los diferentes métodos de clasificación de la viscosidad está disponible en el **Anexo I-1**, en la **página 414**.

NOTA: La viscosidad se expresa en mm^2/s o cSt (unidades idénticas).

Cómo seleccionar un aceite adecuado

Los aceites minerales estándares proporcionan una lubricación adecuada para la mayoría de las aplicaciones que se lubrican con aceite. Los aceites sintéticos solo deben seleccionarse si se puede justificar su uso, ya que normalmente son mucho más caros.

A la hora de seleccionar un aceite, lo mejor es tener en cuenta todos los factores que contribuyen a su uso. Reúna siempre la información pertinente antes de iniciar el proceso de selección:

- aplicación
- tipo de rodamiento y dimensiones principales
- carga del rodamiento
- temperaturas de funcionamiento y ambiente
- velocidad de giro
- orientación del eje
- influencias externas, p. ej., vibración, oscilación
- detalles de la contaminación

PRECAUCIÓN: Tenga cuidado de no sustituir simplemente el aceite de un fabricante por el de otro fabricante. Es posible que no sean idénticos o compatibles.

Proceso de selección de aceites

La selección precisa del aceite consta de tres pasos detallados. A continuación se ofrece un resumen del proceso de selección.

1 Seleccione la viscosidad del aceite

El aceite se elige en función de la viscosidad necesaria para proporcionar una lubricación suficiente en las condiciones de funcionamiento existentes.

NOTA: Una viscosidad baja significa baja fricción, pero una película de aceite fina. Una viscosidad alta significa una película de aceite gruesa, pero una alta fricción. Tiene que haber un equilibrio.

Para formar una película de lubricante adecuada entre las superficies de contacto internas de un rodamiento, el lubricante debe conservar una determinada viscosidad mínima "a la temperatura normal de funcionamiento". La viscosidad cinemática mínima ν_1 necesaria para una lubricación adecuada puede determinarse utilizando el diámetro medio del rodamiento d_m y la velocidad de giro n (**→ diagrama 2**). La eficacia de un lubricante concreto viene determinada por la relación de viscosidad κ, que es la relación entre la viscosidad de funcionamiento real ν y la viscosidad cinemática mínima ν_1. Las relaciones de viscosidad adecuadas suelen estar entre 1 y 4.

La viscosidad cinemática mínima es la viscosidad requerida "a la temperatura normal de funcionamiento". La viscosidad correspondiente a la temperatura de referencia estandarizada internacionalmente de 40 °C *(105 °F)* puede entonces obtenerse (**→ diagrama 3**, **página 206**) o calcularse. Con esta información, se puede seleccionar el valor mínimo de ISO VG.

Para determinar el valor mínimo de ISO VG, siga estos pasos:

NOTA: Al determinar la temperatura de funcionamiento de un rodamiento, hay que tener en cuenta que la temperatura del aceite suele ser de 3 a 11 °C *(de 5 a 20 °F)* más alta que la temperatura del soporte del rodamiento.

1. Determine el diámetro medio del rodamiento dm, la velocidad de giro n y la temperatura de funcionamiento prevista del rodamiento T.
2. Con ayuda del **diagrama 2,** localice el punto de intersección entre el diámetro medio y la velocidad de giro.
3. Lea horizontalmente en el eje vertical para determinar la viscosidad cinemática mínima ν_1 a la temperatura de funcionamiento.
4. Con ayuda del **diagrama 3**, **página 206**, localice el punto en el que la viscosidad cinemática mínima ν_1 a la temperatura de funcionamiento, determinada en el paso anterior, se cruza con la línea vertical de la temperatura de funcionamiento prevista del rodamiento.
5. Localice la primera curva diagonal a la derecha de este punto. Este es el valor mínimo de ISO VG que se puede seleccionar.

Si se selecciona un lubricante con una viscosidad superior a la requerida, cabe esperar una mejora del rendimiento del rodamiento. Sin embargo, dado que el aumento de la viscosidad eleva la temperatura de funcionamiento del rodamiento, debe haber un equilibrio.

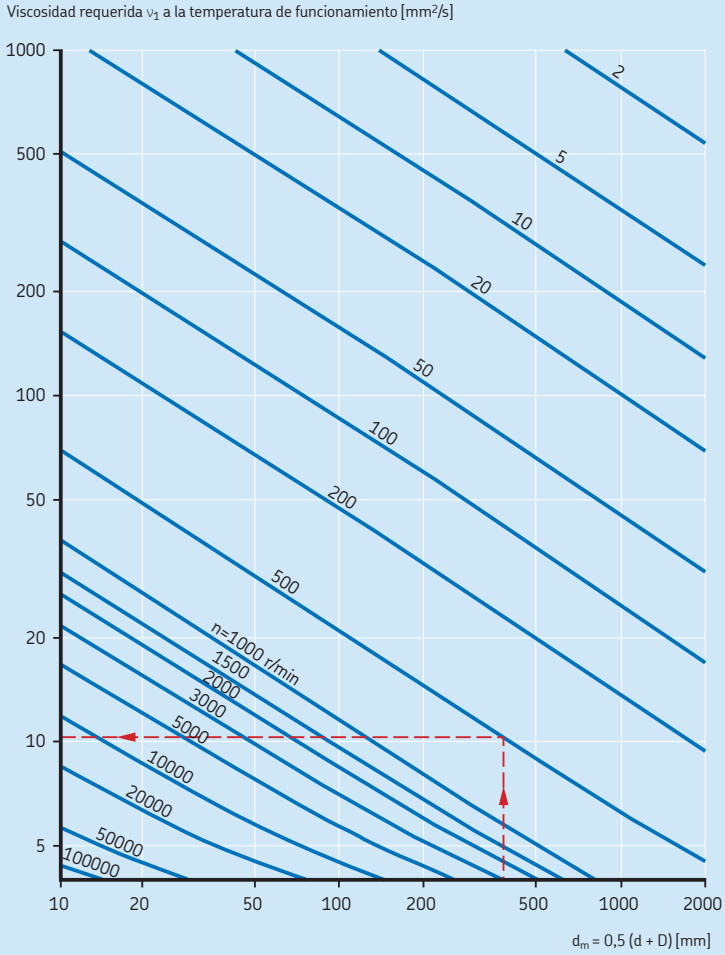
Ejemplo

Un rodamiento que tiene un diámetro del agujero d = 340 mm y un diámetro exterior D = 420 mm debe funcionar a una velocidad de n = 500 r. p. m. Por lo tanto, dm = 0,5 (d + D) = 380 mm. A partir del **diagrama 2**, la viscosidad cinemática mínima ν1 requerida para obte-

ner la lubricación adecuada a la temperatura de funcionamiento es de, aproximadamente, 11 mm2/s. A partir del **diagrama 3**, **página 206**, si suponemos que la temperatura de funcionamiento del rodamiento es de 70 °C *(160 °F)*, se constata que se necesitará un aceite lubricante de la clase de viscosidad ISO VG 32, es decir, una viscosidad cinemática ν de, al menos, 32 mm2/s a la temperatura de referencia de 40 °C *(105 °F)*.

Diagrama 2

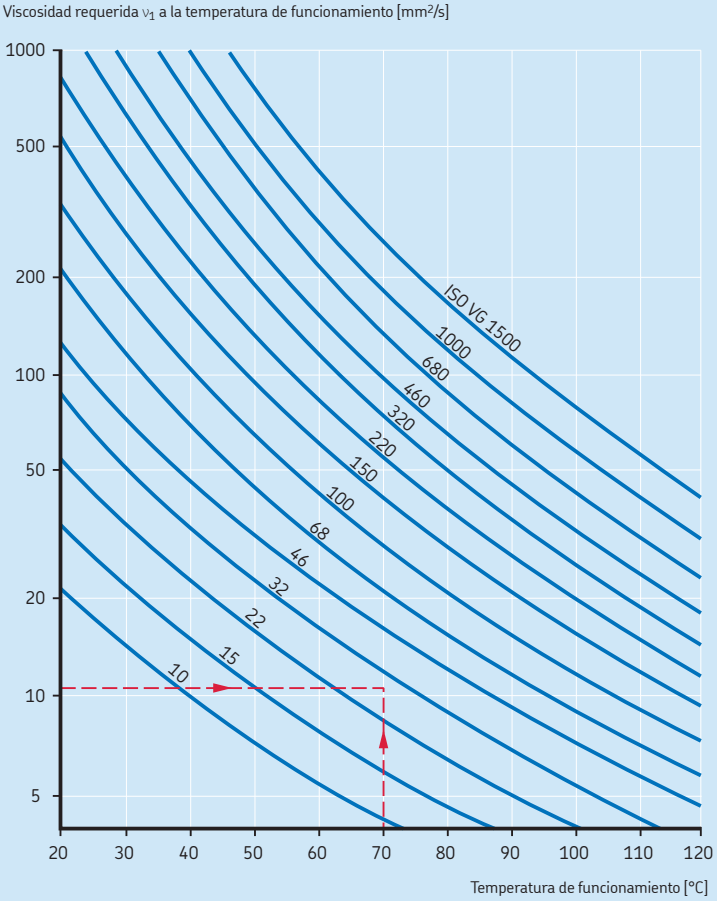
Estimación de la viscosidad cinemática mínima ν_1 a la temperatura de funcionamiento



7

Diagrama 3

Conversión a la viscosidad cinemática ν a la temperatura de referencia (clasificación ISO VG)



2 Compruebe los requisitos de los aditivos antidesgaste y de presión extrema

Los aditivos antidesgaste (AW) y de presión extrema (EP) son necesarios para los rodamientos que giran lentamente y están sometidos a grandes cargas. Estos aditivos también son beneficiosos para cargas de choque, aplicaciones oscilantes y cuando se producen arranques y paradas frecuentes.

PRECAUCIÓN: Algunos aditivos EP pueden tener un efecto perjudicial sobre los materiales de los rodamientos y pueden acortar su vida útil de forma drástica, especialmente por encima de los 80 °C *(175 °F)*. Consulte con el fabricante del lubricante.

3 Evalúe los requisitos adicionales

Si existen condiciones de funcionamiento específicas, las propiedades del aceite deben adaptarse a estas condiciones. Cuando los rodamientos tienen que funcionar en un amplio rango de temperaturas, por ejemplo, debe seleccionarse un aceite con las menores variaciones con los cambios de temperatura, es decir, un aceite con un alto VI.

Herramientas adicionales de selección de aceites

El programa SKF LubeSelect también puede utilizarse para seleccionar un tipo de aceite y una viscosidad adecuados. Otro programa de SKF, LuBase, contiene información sobre más de 2000 lubricantes suministrados por más de 100 proveedores de lubricantes. Ambos programas están disponibles en línea en www.aptitudexchange.com.

Los cálculos de las viscosidades mínimas de los aceites también se pueden realizar mediante las fórmulas, disponibles en línea en www.skf.com/bearings.

Estas herramientas adicionales de selección de aceites se basan en un proceso de selección generalizado y deben utilizarse únicamente de forma orientativa.

Sistemas de lubricación por aceite

Tipos de sistemas de lubricación por aceite

La elección del método de lubricación por aceite depende de la aplicación, las condiciones de funcionamiento y la orientación del eje. El diseño del correspondiente sistema de lubricación debe ser objeto de una cuidadosa consideración. Por ejemplo, dado que los aceites son líquidos, deben preverse soluciones de sellado adecuadas para evitar las fugas.

Una comprensión básica del diseño y la función de un sistema de lubricación resulta muy útil para llevar a cabo las actividades de mantenimiento (→ **tabla 14, página 208**).

La lubricación por neblina de aceite, que se utiliza en aplicaciones muy específicas, no se incluye en la tabla.

Mantenimiento de los sistemas de lubricación por aceite

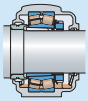
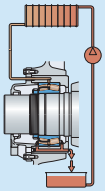
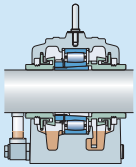
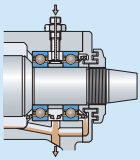
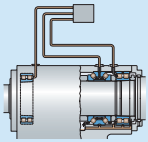
El mantenimiento de un sistema de lubricación por aceite requiere un enfoque cuidadoso y sistemático. Además de las directrices que se presentan a continuación, SKF recomienda tomar muestras de aceite con regularidad y hacer un análisis de tendencias de los resultados de los análisis.

- Para las nuevas instalaciones de sistemas de lubricación por aceite, asegúrese de que el depósito, el sumidero o el canal de recolección estén llenos de aceite para evitar que los rodamientos funcionen sin lubricación en la puesta en marcha.
- Al poner en marcha una máquina con anillo elevador de aceite que ha estado parada durante mucho tiempo, asegúrese de que el sumidero de aceite esté lleno de aceite.
- Inspeccione el aceite a intervalos regulares para ver si hay contaminación, oxidación o formación de espuma. Pero tenga en cuenta que el tamaño de partícula más pequeño que ve el ojo humano es de 40 µm.
- Para un sistema de lubricación de aceite y aire, compruebe la presión del aire en el orificio de entrada de aceite. Debe ser de unos 6 bar.

AVISO
Las máquinas que pierden aceite son peligrosas y suponen un riesgo de incendio. ¡Encuentre la fuente de la fuga y repárela inmediatamente!

Tabla 14

Sistemas de lubricación por aceite

	Baño de aceite	Circulación de aceite	Anillo elevador de aceite	Chorro de aceite	Aceite y aire
Descripción	El aceite, que se recoge a través de los componentes giratorios del rodamiento, se distribuye en el interior de este y, luego, regresa al sumidero.	El aceite se bombea hasta una posición por encima del rodamiento, baja por este y se decanta en el depósito. El aceite se filtra y se atempera antes de ser devuelto al rodamiento.	El anillo elevador, que cuelga de un manguito distanciador, se sumerge en el sumidero de aceite y transporta el aceite a un canal de recolección. El aceite desciende por el rodamiento y se deposita de nuevo en el sumidero.	Un chorro de aceite a alta presión va dirigido a la parte lateral de cada rodamiento.	El aire comprimido dirige cantidades dosificadas de aceite a cada rodamiento. El aceite, suministrado a intervalos determinados, recubre la superficie interior de los conductos de alimentación y se "arrastra" hacia las boquillas, desde donde se suministra a los rodamientos.
Condiciones de funcionamiento adecuadas	Velocidades bajas y moderadas	Altas velocidades	Altas velocidades Altas temperaturas de funcionamiento	Velocidades muy altas	Velocidades extremadamente altas Temperaturas de funcionamiento bajas
Ventajas/ desventajas	Simple Económico	Requiere bomba, filtros y sistema de refrigeración	Adecuado solo para ejes horizontales	Requiere una cantidad relativamente pequeña de aceite	Económico Ayuda a repeler los contaminantes
Recomendaciones de diseño	Proveer una mirilla para el control visual.	Proveer conductos de drenaje adecuados: se deben evitar los desagües horizontales. Asegurarse de que el orificio de salida sea mayor que el de entrada. Incluir sellos eficientes.	Proveer una mirilla para el control visual. Incluir sellos eficaces.	Asegurarse de que la velocidad del chorro de aceite sea de, al menos, 15 m/s. Proveer conductos de drenaje adecuados: se deben evitar los desagües horizontales.	Las boquillas de aceite deben colocarse correctamente. Pueden utilizarse conductos de alimentación de hasta 10 m. Se recomienda utilizar un filtro.

Intervalos de cambio de aceite

El intervalo entre los cambios de aceite depende básicamente del sistema de lubricación por aceite, de las condiciones de funcionamiento y de la cantidad de aceite utilizada. Para todos los métodos de lubricación, se recomienda realizar un análisis de aceite para ayudar a establecer un programa de cambio de aceite adecuado.

Las directrices para los intervalos de cambio de aceite se proporcionan en la **tabla 15**. En general, cuanto más difíciles sean las condiciones, con mayor frecuencia deberá analizarse y cambiarse el aceite.

NOTA: No se olvide de cambiar los elementos filtrantes con regularidad.

Fig. 12



Aceites para cadenas

La lubricación de cadenas requiere una película de lubricante adecuada, especialmente en las partes internas de la cadena. Sin una lubricación adecuada, puede producirse un desgaste acelerado de los piñones y un alargamiento de la cadena.

SKF fabrica lubricadores de cadenas (→ **fig. 12**) que se suministran con tres aceites de cadena diferentes (→ **tabla 16**).

Tabla 16

Gama de aceite para cadenas SKF

Propiedad	Designación LHMT 68	LHHT 265	LHFP 150
Descripción	Temperatura media	Temperatura alta	Compatible con alimentos
Tipo de aceite base	Mineral	Éster sintético	Éster sintético
Viscosidad/ Grado de viscosidad	ISO VG 68	265 mm²/s	ISO VG 150
Temperatura de funcionamiento	De –15 a +90 °C *(de 5 a 195 °F)*	Hasta 250 °C *(480 °F)*	De –30 a +120 °C *(de –20 a +250 °F)*

Tabla 15

Intervalos de cambio de aceite

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 de 50 a 100 °C *(de 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	Todas	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.

Compatibilidad del aceite

Antes de cambiar o mezclar diferentes tipos de aceite, compruebe que los dos aceites sean compatibles. Cuando se mezclan aceites incompatibles, los aceites base pueden tener una reacción química adversa. Compruebe la compatibilidad del aceite base, según la **tabla 11** en la **página 201**.

Los rodamientos SKF se tratan con un conservante a base de petróleo que es compatible con la mayoría de los aceites para rodamientos.

PRECAUCIÓN: Tenga en cuenta que, aunque los aceites base sean compatibles, los aditivos del aceite antiguo pueden alterar el rendimiento de los del aceite nuevo. Para obtener más información, comuníquese con el fabricante del lubricante.

Análisis del aceite

El análisis del aceite es una parte importante del mantenimiento de la lubricación. Las muestras deben tomarse a intervalos regulares y analizarse cuidadosamente lo antes posible tras la toma de la muestra. El análisis de tendencias también es importante para el mantenimiento proactivo.

Además de analizar los aceites usados, SKF recomienda analizar los aceites nuevos. Muchas veces, hay un alto recuento de partículas en los bidones de aceite nuevos como resultado de los diferentes manipuladores y los cambios ambientales experimentados entre el fabricante y el cliente.

NOTA: ¡Tenga en cuenta que el aceite nuevo afecta al análisis de tendencias!

Toma de muestras de aceite

Una muestra de aceite debe ser representativa de la condición real del aceite. SKF recomienda seguir las siguientes directrices a la hora de tomar muestras de aceite:

1. Utilice un recipiente pequeño y limpio que pueda sellarse adecuadamente.
2. Tome las muestras en el lado presurizado de un sistema de circulación de aceite. Esto puede hacerse mediante una simple válvula de bola.
3. Tome las muestras de los sistemas no presurizados, p. ej., de los baños de aceite, a través del orificio de salida, y deje salir primero un poco de aceite.
4. Selle el recipiente inmediatamente después de tomar la muestra para evitar la entrada de contaminantes.

Normalmente, las muestras de aceite se analizan en busca de:

- viscosidad
- oxidación
- concentración de partículas de desgaste
- contenido de agua
- pérdida de contenido de aditivos

La viscosidad de un aceite debe estar normalmente dentro del 10% del valor de referencia. La concentración de partículas de desgaste y el contenido de agua se miden en partes por millón (ppm). El contenido de agua debe ser < 200 ppm.

Prueba de crepitación

La prueba de crepitación es una forma sencilla de detectar la presencia de agua libre en una muestra de aceite:

1 Caliente una placa de calentamiento a aproximadamente 130 °C (*265 °F*).
2 Agite enérgicamente la muestra de aceite.
3 Coloque una gota de aceite en el centro de la placa de calentamiento.

La presencia de agua se traduce en la aparición de burbujas de vapor. Si se escucha un crepitar, es probable que el contenido de agua sea superior a 2000 ppm.

NOTA: Esta prueba no detecta el agua disuelta en el aceite y debe utilizarse solo como orientación. SKF recomienda enviar las muestras para su análisis.

Contaminación y filtrado

Los contaminantes, que son sustancias no deseadas que afectan negativamente al rendimiento del lubricante, pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. La contaminación puede deberse a una aplicación o un sistema de lubricación mal sellados, a un sistema de filtración inadecuado o que funciona mal, a puntos de llenado contaminados o a partículas de desgaste generadas por la aplicación.

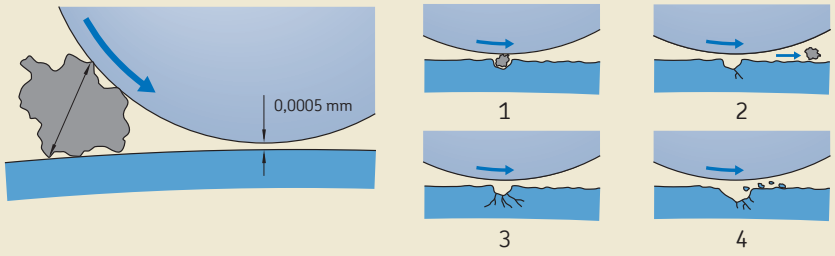
Contaminantes sólidos

Los contaminantes sólidos se crean dentro de la aplicación como resultado del desgaste o los daños, o pueden entrar en la aplicación a través de un puerto abierto, un sistema de sellado inadecuado o defectuoso o, lo que es más probable, como resultado de las malas prácticas de relubricación.

La entrada de contaminantes sólidos en la cavidad del rodamiento (→ **fig. 13**) causará mellas en los caminos de rodadura como resultado de la rodadura excesiva de los elementos rodantes (**1**). Se formarán bordes elevados alrededor de la mella debido a la deformación plástica (**2**). Como los elementos rodantes siguen rodando en exceso sobre los bordes elevados, y la lubricación se ve afectada, se produce la fatiga (**3**). Cuando la fatiga alcanza un determinado nivel, se produce un descascarillado prematuro en el extremo de la mella (**4**).

NOTA: La limpieza del lubricante y la manipulación cuidadosa durante el montaje son factores importantes para prevenir las mellas. Hay que tener en cuenta que incluso pequeños trozos de papel o hilos de paño de algodón pueden ser perjudiciales para un rodamiento.

Fig. 13



El método estándar para clasificar el nivel de contaminación en un sistema de lubricación se describe en la norma ISO 4406:1999. En este sistema de clasificación, el resultado de un recuento de partículas sólidas se convierte en un código mediante una escala numérica (→ **tabla 17**). Existen dos métodos para comprobar el nivel de contaminación:

- El método de recuento por microscopía: con este método de recuento, se utilizan dos números de escala referidos al número de partículas ≥ 5 µm y ≥ 15 µm.
- Método de recuento automático de partículas: con este método, se utilizan tres números de escala referidos al número de partículas ≥ 4 µm, ≥ 6 µm y ≥ 14 µm.

Con el método de recuento automático de partículas, por ejemplo, SKF recomienda mantener los niveles de partículas en una clasificación de nivel de contaminación de 18/15/12 o inferior. Esto significa que el aceite contiene entre 1300 y 2500 partículas ≥ 4 µm, entre 160 y 320 partículas ≥ 6 µm, y entre 20 y 40 partículas ≥ 14 µm. Los niveles más altos se aceptan para los rodamientos con un diámetro del agujero > 100 mm.

La clasificación de un filtro es una indicación de su eficiencia. La eficiencia de los filtros está relacionada con un tamaño de partícula específico. Por consiguiente, hay que tener en cuenta tanto la clasificación del filtro como el tamaño de las partículas especificado.

Para obtener más información sobre la clasificación de la contaminación y la clasificación de los filtros, visite www.skf.com/bearings.

Tabla 17

Clasificación de contaminación según ISO

Número de partículas por mililitro de aceite		Escala numérica
más de	hasta incl.	–
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10

Contaminantes líquidos

Los contaminantes líquidos incluyen agua, combustible, subproductos del proceso y productos químicos como el glicol. En los casos en que se prevea una contaminación por agua, se deben utilizar extractores de agua. El tipo de extractor de agua depende del riesgo previsto de entrada de agua en el sistema de lubricación. En caso necesario y cuando sea económicamente viable, se recomienda la extracción continua de agua.

Contaminantes gaseosos

La contaminación por aire o gas reduce la viscosidad del aceite y aumenta la formación de espuma. La formación de espuma puede provocar una pérdida de aceite.

Productos para lubricación con aceite SKF

SKF ofrece un amplio surtido de productos para la gestión del aceite y el mantenimiento de los sistemas de lubricación por aceite (→ **Anexo L**, desde la **página 420**). Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com y www.skf.com/lubrication.

Sistemas de lubricación centralizada

Los sistemas de lubricación centralizada suministran lubricante desde un depósito central hasta los puntos de la máquina donde se produce la fricción. El lubricante se suministra con la frecuencia necesaria y en la cantidad correcta. Por lo general, se pueden utilizar aceites y grasas con grados NLGI de hasta 2. Dado que la capacidad de bombeo es uno de los factores decisivos, con frecuencia se utilizan grasas con grados NLGI bajos.

NOTA: El mantenimiento de los sistemas de lubricación centralizada suele limitarse a rellenar el depósito de lubricante y a inspeccionar cada cierto tiempo los puntos de conexión en busca de fugas de aceite. Sin embargo, hay que seguir siempre las instrucciones de mantenimiento suministradas con el equipo.

Selección del lubricante adecuado

Muchas de las averías en los sistemas de lubricación centralizada pueden atribuirse a la elección incorrecta del lubricante. Los lubricantes utilizados en los sistemas de lubricación centralizada deben cumplir los siguientes criterios:

- estar libres de partículas sólidas que puedan pasar a través de un filtro con una malla de 25 µm
- estar libres de aire en forma de burbujas (gases no disueltos) para evitar el aumento de presión y el comportamiento descontrolado del sistema de lubricación
- ser compatibles con los materiales de todos los componentes de los rodamientos, p. ej., los sellos
- tener buena resistencia a la oxidación, es decir, buena estabilidad al envejecimiento
- tener una tasa de separación de aceite adecuada, ya que una separación excesiva provoca pérdidas de presión y el bloqueo de los sistemas
- ser homogéneos y mantener una consistencia uniforme a todas las temperaturas de funcionamiento previstas
- no contener aditivos sólidos que puedan provocar la formación de depósitos en la bomba, las válvulas y los distribuidores

A la hora de elegir entre un sistema de lubricación con grasa o con aceite, las consideraciones técnicas y económicas son decisivas. Los dos tipos de sistemas de lubricación centralizada se comparan en la **tabla 18**, **página 214**. SKF recomienda, en la medida de lo posible, el uso de aceite, pero especialmente para aplicaciones como máquinas herramienta, máquinas de procesamiento de madera, de impresión y de procesamiento de plásticos.

Tipos de sistemas de lubricación centralizada

En términos técnicos, los sistemas de lubricación centralizada se dividen en sistemas de lubricación a pérdida total y sistemas de lubricación por circulación, según si el lubricante se reutiliza o no.

Los sistemas de lubricación centralizada se clasifican, a su vez, según el funcionamiento del sistema (→ **tabla 19**, **página 215**). La selección del sistema adecuado depende de lo siguiente:

- las condiciones de funcionamiento, p. ej., la temperatura de funcionamiento, la viscosidad, la presencia de sal en la atmósfera
- el requisito de precisión de la cantidad de lubricante
- la geometría y el tamaño del sistema de lubricación
- los requisitos de monitoreo

SKF ofrece sistemas de lubricación completos y de última generación, y soluciones integradas que combinan los conocimientos de tribología de SKF (la combinación de las ciencias de la fricción, el desgaste y la lubricación) y la experiencia en rodamientos, sellos y monitoreo de condición.

Para obtener más información sobre los sistemas de lubricación centralizada de SKF, visite www.skf.com/lubrication. Para obtener asistencia técnica sobre requisitos específicos, comuníquese con su representante local de SKF.

Sistemas de lubricación a pérdida total

En los sistemas de lubricación a pérdida total:

- No hay reutilización del lubricante.
- Los puntos de fricción reciben lubricante nuevo durante el ciclo de lubricación.
- La cantidad de lubricante suministrada es la necesaria para crear una película de lubricante adecuada.
- No hay disipación de calor.

La mayoría de las aplicaciones con sistemas de lubricación centralizada se ocupan de la lubricación de piezas móviles, p. ej., rodamientos y engranajes.

La lubricación por cantidades mínimas (Minimal quantity lubrication, MQL) es una forma especial de lubricación a pérdida total. Estos sistemas se ocupan de la lubricación de los procesos de mecanizado, la pulverización o la humectación de superficies. Con la lubricación por cantidades mínimas, se consigue una lubricación eficaz con cantidades extremadamente pequeñas de aceite a partir de un aerosol.

Sistemas de lubricación por circulación

En los sistemas de lubricación por circulación:

- Hay reutilización del lubricante, es decir, el aceite fluye de vuelta al depósito de lubricante para su reutilización después de haber sido filtrado y atemperado.
- La fricción y el calor relacionado con el proceso se disipan.
- Las vibraciones se amortiguan.
- Se eliminan las partículas abrasivas, así como el agua de condensación y de proceso.
- Se eliminan las burbujas de aire y se reduce la espuma.
- Se evita la corrosión.

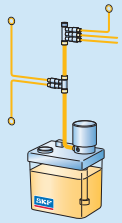
Tabla 18

Comparación de los sistemas de lubricación centralizada con grasa y con aceite

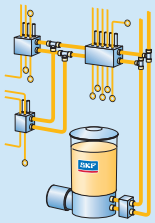
Criterios de selección	Ventajas/desventajas Grasa	Aceite
Presiones de funcionamiento	De 50 a 400 bar	14 bar
Requisitos de tuberías y accesorios	Tubos de gran diámetro (como resultado de la pérdida de presión excesiva)	Tubería de pequeño diámetro
Requisitos de potencia de la bomba	Potencia relativamente alta	Baja potencia
Contaminación	Los contaminantes permanecen en suspensión y pueden llegar a la zona de fricción	Los contaminantes se depositan en el fondo del depósito
Mantenimiento	La medición del nivel de grasa en el depósito es complicada No es fácil rellenar la grasa	La medición del nivel de aceite en el depósito es fácil Resulta fácil rellenar el aceite
Posibilidad de circulación del lubricante	No es posible	Relativamente fácil de conseguir
Sellado	Los rodamientos no necesitan sellado El lubricante tiene una función de sellado	La disposición de los rodamientos necesita sellarse para evitar fugas de aceite y la contaminación del entorno El lubricante no ofrece protección contra los contaminantes
Posibilidades de refrigeración y lavado	Ninguna	Sí

Tabla 19

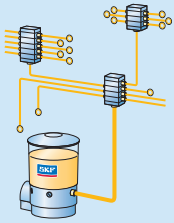
Sistemas de lubricación centralizada de SKF



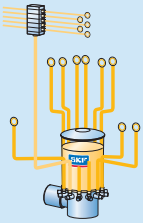
SKF Monoflex



SKF Duoflex

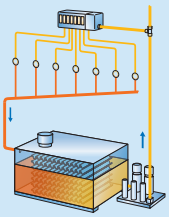


SKF ProFlex

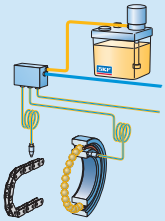


SKF Multiflex

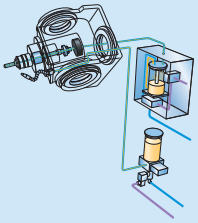
	SKF Monoflex	SKF Duoflex	SKF ProFlex	SKF Multiflex
Tipo	Línea simple	Línea doble	Progresivo	Multilínea
Lubricantes adecuados	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 2	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 3	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 2	Aceite Grasa con grados NGLI de 000 a 3
Ejemplos de aplicación	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



SKF CircOil



SKF Oil+Air



SKF LubriLean

	SKF CircOil	SKF Oil+Air	SKF LubriLean
Tipo	Circulación de aceite	Aceite y aire	Lubricación por cantidades mínimas (MQL)
Lubricantes adecuados	Aceite	Aceite	Aceite
Ejemplos de aplicación	Industria papelera, máquinas metalúrgicas, aplicaciones de la industria pesada	Máquinas herramienta, aplicaciones con cadenas, industria siderúrgica	Máquinas herramienta

7



Inspección

Introducción **218**
Metodologías de mantenimiento 218

Inspección durante el funcionamiento . . . **220**
Monitoreo del ruido 221
Monitoreo de la temperatura 221
Monitoreo de las condiciones de lubricación 222
Monitoreo de la vibración de los rodamientos 222
Toma de mediciones de vibración 223
Análisis de la frecuencia de los defectos de los rodamientos 224

Inspección durante una parada de máquina **224**
Inspección de los rodamientos 225
Inspección de las superficies de contacto con los sellos 226

Introducción

De los rodamientos que fallan de forma prematura, muchos lo hacen porque están sometidos a cargas inesperadas durante el servicio, como el desequilibrio o la desalineación. La condición de los rodamientos es de vital importancia a la hora de controlar el estado de los equipos. Una falla catastrófica del rodamiento provoca daños en los componentes asociados y puede, en última instancia, ocasionar la falla de la máquina.

El enfoque del mantenimiento de los rodamientos y las máquinas suele seguir una de tres metodologías de mantenimiento: reactivo, preventivo o predictivo. Cada una tiene sus ventajas y desventajas, pero en general se recomienda un enfoque proactivo que combine lo mejor de las metodologías.

El monitoreo de la condición se refiere a cualquier monitoreo de la máquina por medio de instrumentos. El monitoreo de la condición con múltiples parámetros es la técnica más extendida, y el monitoreo de la vibración, el método más utilizado para monitorear la condición de una máquina. La ventaja de utilizar un enfoque de múltiples parámetros es que permite que el sistema de monitoreo no solo considere los rodamientos, sino que mire más allá de estos y considere toda la máquina. De este modo, es posible proteger los rodamientos al corregir las fallas subyacentes de la maquinaria en una etapa temprana de su desarrollo.

Los rodamientos y la maquinaria relacionada pueden inspeccionarse durante el funcionamiento o la parada de la máquina, según la naturaleza de la actividad. Gracias a la gran cantidad de instrumentos avanzados disponibles, es posible realizar una amplia gama de actividades de inspección.

Para obtener más información sobre el monitoreo de condición SKF, visite www.skf.com/cm o www.aptitudexchange.com.

Para obtener más información sobre los instrumentos de monitoreo de condición SKF y los productos de mantenimiento SKF, visite www.skf.com/cm y www.mapro.skf.com.

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (Reliability Maintenance Institute, RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación sobre temas como el análisis de vibraciones y la termografía (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

Metodologías de mantenimiento

La experiencia demuestra que las estrategias de mantenimiento varían enormemente de una planta a otra. Sin embargo, las metodologías que se utilizan en la implementación de todas las estrategias pueden clasificarse, en general, bajo una serie de encabezados comunes (→ **diagrama 1**).

El mantenimiento reactivo refleja la ausencia de una estrategia de mantenimiento organizada, pero puede ser, en algunas situaciones, el único enfoque de mantenimiento adecuado. La naturaleza de las actividades reactivas es que no pueden programarse de antemano. Sin embargo, pueden planificarse con antelación para reducir al mínimo la interrupción de las actividades programadas.

El mantenimiento preventivo es un proceso rutinario o programado que se basa en evitar que se produzcan averías inesperadas, gracias a los procedimientos de mantenimiento adecuados y a las buenas prácticas de mantenimiento. La comprensión de los patrones de daño de la maquinaria y una estrategia de mantenimiento que aborde específicamente estos patrones de daño tienen un efecto muy positivo en el mantenimiento y el rendimiento operativo.

El mantenimiento predictivo (Predictive Maintenance, PdM) puede definirse como un proceso de mantenimiento basado en la inspección, el monitoreo y la predicción de la maquinaria. El monitoreo de la condición de las máquinas comprende varios instrumentos y técnicas, como el monitoreo de la vibración.

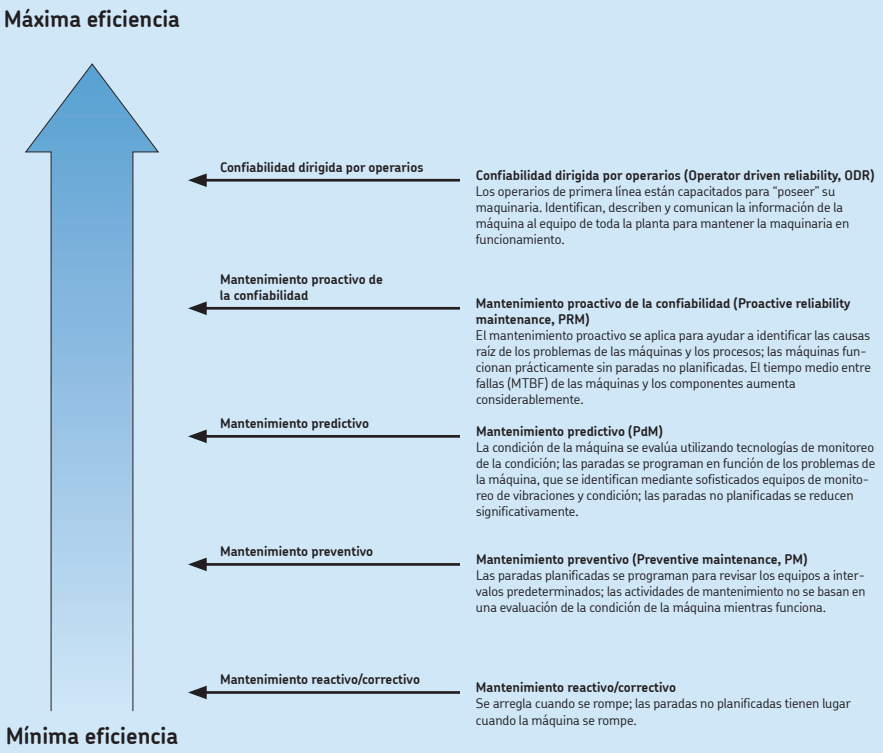
Es evidente que ninguna de las metodologías de mantenimiento mencionadas anteriormente proporciona por sí sola la solución definitiva para el mantenimiento. La verdadera solución reside en una combinación de estas metodologías.

El mantenimiento proactivo de la confiabilidad es un proceso estructurado y dinámico destinado a aplicar la combinación adecuada de metodologías de mantenimiento reactivo, preventivo y predictivo.

Para lograr la máxima eficacia, SKF recomienda adoptar una metodología que promueva la comunicación de la información de la máquina en toda la planta, impulsada por la participación y el compromiso del operario.

Diagrama 1

Diferentes metodologías de mantenimiento



Inspección durante el funcionamiento

Los rodamientos son componentes vitales en cualquier máquina con piezas giratorias y deben ser monitoreados de cerca. Las primeras indicaciones de un daño en los rodamientos permiten sustituirlos durante el mantenimiento regular programado, y de esta manera se evitan costosas paradas no programadas de la máquina debido a fallas en los rodamientos.

NOTA: Los rodamientos de la maquinaria crítica o que funcionan en entornos difíciles deben ser monitoreados con mayor frecuencia.

Existen varios instrumentos y métodos para monitorear el rendimiento de los rodamientos y los componentes de la máquina relacionados durante el funcionamiento. Entre los parámetros importantes para medir la condición de la máquina y lograr un rendimiento óptimo de los rodamientos se encuentran el ruido, la temperatura y las vibraciones.

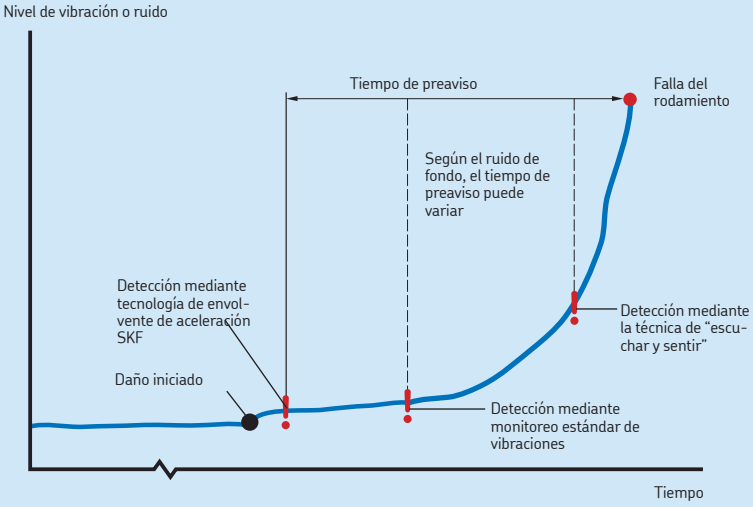
Los rodamientos desgastados o que presentan daños suelen mostrar síntomas identificables. Son muchas las posibles causas que podrían ser responsables y que deben ser investigadas (→ *Resolución de problemas*, desde la **página 228**).

Por razones prácticas, no todas las máquinas o funciones de las máquinas pueden monitorearse mediante sistemas avanzados. En estos casos, los signos de problemas pueden observarse mirando o escuchando a la máquina. Sin embargo, el uso de los sentidos humanos para detectar los problemas de la maquinaria ofrece beneficios limitados. Para cuando se ha producido un deterioro suficiente que permita detectar el cambio, el daño puede ser ya muy extenso. La ventaja de emplear tecnologías objetivas, como el análisis de vibraciones, es que las fallas se detectan en una etapa temprana de desarrollo, antes de que se vuelvan problemáticas (→ **diagrama 2**).

Para obtener mediciones precisas y resultados confiables, SKF recomienda utilizar instrumentos profesionales de monitoreo de condición. Para obtener una visión general de los instrumentos básicos de monitoreo de condición suministrados por SKF, consulte el **Anexo N**, desde la **página 432**. Para obtener información detallada sobre estos productos y otros relacionados, visite www.skf.com/cm y www.mapro.skf.com.

Diagrama 2

La ventaja del monitoreo de condición avanzado



PRECAUCIÓN: No confundir la detección con el análisis. Sustituir un rodamiento dañado tras detectar altos niveles de vibración no soluciona el problema más que temporalmente. Hay que encontrar, analizar y abordar la causa raíz de la vibración.

Monitoreo del ruido

Una forma habitual de identificar que un rodamiento funciona de forma irregular es escuchando. Los rodamientos en buen estado producen un "ronroneo" suave. El rechinado, chirrido u otros sonidos irregulares suelen indicar que el rodamiento está en malas condiciones, o que algo no funciona correctamente.

La amplia gama de sonidos producidos por las máquinas también comprende componentes ultrasónicos de onda corta que, por su naturaleza, son extremadamente direccionales. Los instrumentos, como las sondas ultrasónicas, aíslan estos ultrasonidos transmitidos por el aire de los ruidos de fondo de la planta y la maquinaria, y localizan la fuente.

Otro instrumento popular para identificar piezas de máquinas con problemas o rodamientos dañados es el estetoscopio electrónico SKF (→ **fig. 1**), que detecta, rastrea y diagnostica el origen de todo tipo de ruidos de maquinaria.

Monitoreo de la temperatura

Es importante monitorear la temperatura de funcionamiento en todas las posiciones del rodamiento. Si las condiciones de funcionamiento no se han modificado, un aumento de la temperatura suele ser un indicio de daños inminentes en los rodamientos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que normalmente se produce un aumento natural de la temperatura de uno o dos días inmediatamente después de la lubricación del rodamiento y de cada relubricación.

Para medir las temperaturas, se pueden utilizar termómetros de contacto (→ **fig. 2**) y termómetros sin contacto SKF. Los termómetros sin contacto son especialmente útiles en zonas de difícil acceso o peligrosas.

Además, los termógrafos SKF y las cámaras térmicas SKF utilizan infrarrojos para "ver" anomalías térmicas o "puntos calientes" que el ojo humano no puede ver. La inspección térmica por infrarrojos puede revelar posibles problemas y localizar las zonas problemáticas sin interrumpir la producción.

Fig. 1



Fig. 2



NOTA: En las aplicaciones en las que el aro interior gira, el soporte del rodamiento suele estar 5 °C *(9 °F)* más frío que el aro exterior del rodamiento y 10 °C *(18 °F)* más frío que el aro interior del rodamiento.

Monitoreo de las condiciones de lubricación

Los rodamientos solo pueden alcanzar sus niveles máximos de rendimiento con la lubricación adecuada. Por lo tanto, las condiciones de lubricación de un rodamiento se deben monitorear cuidadosamente. La condición del propio lubricante también debe ser evaluada periódicamente. La mejor manera de hacerlo es tomar algunas muestras (normalmente de diferentes zonas) y hacerlas analizar. El Kit para análisis de grasas SKF (→ **fig. 3**) es una herramienta útil para comprobar las propiedades de la grasa sobre el terreno.

En general, el análisis del lubricante se lleva a cabo por dos razones principales: para evaluar la condición del lubricante y para evaluar la condición de la máquina. El monitoreo de la condición del aceite, por ejemplo, ofrece la oportunidad de ampliar el intervalo entre los cambios de aceite con el consiguiente ahorro en el consumo y la reducción de las paradas de la maquinaria.

SKF recomienda las siguientes pautas generales para las actividades de inspección relacionadas con la lubricación:

1 Compruebe si hay fugas de lubricante en las zonas que rodean las posiciones de los rodamientos.
2 Examine todas las fugas de lubricante. Las fugas suelen ser consecuencia de sellos desgastados, defectos en los sellos, superficies de contacto con los sellos dañadas, contaminación líquida, como agua en la grasa, y tapones sueltos. También pueden deberse a conexiones deficientes entre las piezas de acoplamiento, p. ej., entre un soporte y una tapa lateral, o al aceite libre liberado por la grasa que se ha descompuesto al agitarse.

   NOTA: Los sellos de caucho están diseñados para permitir una pequeña cantidad de fuga de lubricante para lubricar la superficie de contacto con el sello.

3 Mantenga los anillos protectores y sellos laberínticos llenos de grasa para una máxima protección.
4 Verifique que los sistemas de lubricación automática funcionen adecuadamente y proporcionen la cantidad correcta de lubricante a los rodamientos.

Fig. 3



5 Verifique el nivel de lubricante en depósitos y sumideros, y reponga cuando sea necesario.
6 Relubrique los rodamientos con grasa, donde y cuando corresponda (→ *Relubricación*, desde la **página 192**).

Para obtener información sobre el análisis de lubricantes, la relubricación con grasa y los cambios de aceite, consulte la sección *Lubricación*, desde la **página 178**.

Monitoreo de la vibración de los rodamientos

La necesidad de monitorear las vibraciones proviene de tres hechos fundamentales:

- Todas las máquinas vibran.
- La aparición de un problema mecánico se acompaña, habitualmente, de un aumento en los niveles de vibración.
- La naturaleza de la falla se puede determinar a partir de las características de la vibración.

Cada problema mecánico genera una frecuencia de vibración única. Por lo tanto, esta frecuencia debe analizarse para ayudar a identificar la causa raíz. Para captar la frecuencia de vibración, se coloca un transductor (un sensor piezoeléctrico) estratégicamente en la máquina. La gama de frecuencias que pueden generar las distintas fallas de la máquina es muy amplia:

- rango de frecuencias bajas, de 0 a 2 kHz
- rango de frecuencias altas, de 2 a 50 kHz

- rango de frecuencias muy altas, > 50 kHz

Las vibraciones de baja frecuencia se producen, por ejemplo, por resonancia estructural, desalineación o aflojamiento mecánico. Las frecuencias altas y muy altas incluyen las generadas por daños (defectos) en los rodamientos. Por consiguiente, si se mide la amplitud en términos de aceleración, es posible obtener una indicación muy temprana del desarrollo de problemas en los rodamientos.

Toma de mediciones de vibración

Dónde tomar las mediciones

Las mediciones de las vibraciones, por ejemplo con el Analizador de la condición de la máquina SKF (→ **fig. 4**), deben realizarse en tres direcciones diferentes en cada posición del rodamiento en una máquina (→ **fig. 5**).

Las mediciones horizontales suelen mostrar más vibraciones que las verticales porque una máquina es, por lo general, más flexible en el plano horizontal. El desequilibrio, por ejemplo, produce una vibración radial que es en parte vertical y en parte horizontal. Una vibración horizontal excesiva suele ser un buen indicador de desequilibrio.

Las mediciones axiales suelen mostrar poca vibración, pero si están presentes, muchas veces indican una desalineación y/o un eje doblado.

Fig. 4

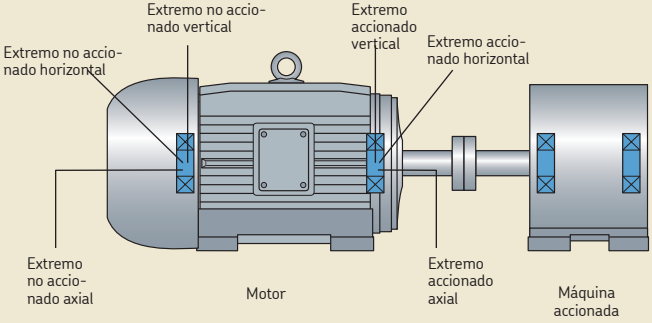


Cuándo tomar las mediciones

El mejor momento para realizar las mediciones de las vibraciones es cuando la máquina está funcionando en condiciones normales, es decir, cuando los rodamientos han alcanzado su temperatura normal de funcionamiento y la velocidad de la máquina está dentro de las especificaciones. En el caso de las máquinas de velocidad variable, las mediciones deben realizarse siempre en el mismo punto del ciclo del proceso.

NOTA: Para poder comparar, el lugar y el tipo de medición, así como las condiciones de funcionamiento, deben ser idénticos cada vez que se realice una medición.

Fig. 5



Análisis de la frecuencia de los defectos de los rodamientos

Todos los rodamientos generan una señal de baja frecuencia. La frecuencia de la señal depende de la cantidad y el tamaño de los elementos rodantes, del ángulo de contacto del rodamiento y del diámetro primitivo de los elementos rodantes.

Cada vez que se produce un defecto relacionado con el rodamiento, se genera una señal de alta frecuencia que provoca un pico en la amplitud de la señal. La frecuencia de estos picos es en función de la velocidad, así como de la posición del defecto en el rodamiento y de su geometría interna.

Para monitorear la condición de un rodamiento, se utiliza una técnica llamada envolvente de aceleración o "enveloping". La envolvente aísla la señal de alta frecuencia generada por el defecto de otras frecuencias estructurales o de giro que se producen de forma natural en la máquina (**→ diagrama 3**).

Cálculo de las frecuencias de los defectos de los rodamientos

Cada componente del rodamiento tiene una frecuencia de defecto única, con la que un especialista puede localizar los daños.

Las siguientes frecuencias de defectos pueden calcularse:

- BPFO, frecuencia de paso de bola/rodillo en camino(s) de rodadura del aro exterior [Hz]
- BPFI, frecuencia de paso de bola/rodillo en camino(s) de rodadura del aro interior [Hz]
- BSF, frecuencia de giro de bola/rodillo [Hz]
- FTF, frecuencia de la jaula (frecuencia del tren fundamental) [Hz]

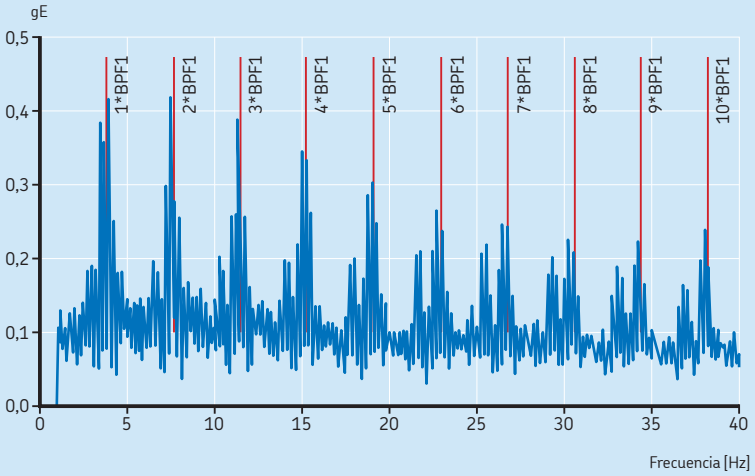
Para calcular las frecuencias de los defectos de los rodamientos y, por consiguiente, localizar los daños, está disponible un programa en línea en www.skf.com/bearings.

Inspección durante una parada de máquina

Cuando una máquina no está en funcionamiento, es una oportunidad para evaluar la condición de los rodamientos, sellos, soportes, superficies de contacto con los sellos y lubricante. Puede hacerse una inspección general frecuente retirando la cubierta o tapa del soporte. Para una inspección más detallada, primero hay que limpiar los rodamientos.

Diagrama 3

Análisis de envolvente de aceleración



Si un rodamiento parece estar dañado, se lo debe desmontar e inspeccionar minuciosamente.

Durante una parada de máquina, también se puede realizar una alineación de ejes y poleas, así como una inspección minuciosa de la base y el exterior de la máquina. Cualquier inconveniente, ya sea una chapa calibrada que falta o el deterioro de la base, puede afectar negativamente al funcionamiento de la máquina. Cuanto antes se identifique un problema, antes podrán implementarse las medidas correctivas.

Para obtener más información sobre alineación de máquinas, consulte la sección *Alineación*, desde la **página 158**.

PRECAUCIÓN: Sustituya los rodamientos si están dañados (y, en su caso, los manguitos, tuercas, arandelas y sellos correspondientes al mismo tiempo). Instalar rodamientos nuevos durante una parada programada regularmente es mucho menos costoso que hacerlo durante una parada inesperada de la máquina debido a una falla prematura de los rodamientos.

Inspección de los rodamientos

Los rodamientos no siempre son fácilmente accesibles. No obstante, si los rodamientos están parcialmente expuestos, pueden realizarse comprobaciones visuales. El momento más práctico para inspeccionar los rodamientos es durante el mantenimiento de rutina.

En los casos en los que es difícil o lleva mucho tiempo acceder a los rodamientos para su inspección, un Endoscopio SKF (**→ fig. 6**) puede ser una herramienta valiosa. Este endoscopio en concreto, por ejemplo, tiene un tubo de inserción de diámetro pequeño, una pantalla LCD y una función de grabación de imágenes.

Al inspeccionar un rodamiento montado, SKF recomienda seguir estas pautas generales:

NOTA: Tome fotografías en todo el proceso de inspección para ayudar a documentar la condición de los rodamientos, el lubricante y la máquina en general.

Preparación

1 Limpie la superficie externa de la máquina para evitar que el polvo y la suciedad entren en la disposición de rodamientos durante la inspección.

Fig. 6



AVISO
Para reducir al mínimo la posibilidad de que se produzcan lesiones graves, antes de comenzar cualquier trabajo, realice los procedimientos de bloqueo y etiquetado requeridos.

2 Retire la tapa del soporte, o en el caso de un soporte de dos piezas, la cubierta del soporte, para exponer el rodamiento.
3 Retire un poco de lubricante de la base del soporte, para analizar el lubricante.
4 En el caso de los rodamientos abiertos lubricados con grasa, tome algunas muestras de lubricante de diferentes zonas, para analizar el lubricante. Inspeccione visualmente la condición del lubricante. Con frecuencia, las impurezas pueden detectarse simplemente frotando un poco de lubricante entre el pulgar y el índice. Otro método consiste en extender una fina capa de lubricante sobre una hoja de papel y examinarla bajo una luz.
5 Limpie las superficies externas expuestas del rodamiento con un paño que no suelte pelusa.

PRECAUCIÓN: El contacto directo con productos derivados del petróleo puede provocar reacciones alérgicas. Utilice guantes de protección SKF y gafas de seguridad cuando manipule disolventes y limpie los rodamientos.

Inspección

1 Inspeccione las superficies externas expuestas del rodamiento en busca de corrosión por contacto. Si hay corrosión por contacto pero no es grave, utilice papel de lija fino en húmedo y en seco para eliminarla.
2 Inspeccione los aros del rodamiento en busca de grietas.
3 En el caso de los rodamientos sellados, inspeccione los sellos en busca de desgaste.
4 Gire el eje muy lentamente y compruebe si hay una resistencia desigual en el rodamiento. Un rodamiento sin daños gira suavemente.

   En caso de que se requiera una inspección más detallada de los rodamientos abiertos lubricados con grasa, continúe como se indica a continuación:

5 Retire toda la grasa de la base del soporte.
6 Retire toda la grasa posible del rodamiento con un rascador no metálico.

   NOTA: Conserve una muestra representativa de la grasa para su posterior análisis (→ **fig. 7**).

Fig. 7



Grasa nueva: color marrón

Grasa usada: color amarillo

7 Limpie el rodamiento rociando en su interior con un disolvente a base de petróleo. Gire el eje muy lentamente mientras lo limpia, y siga rociando hasta que el disolvente deje de recoger suciedad y grasa. En el caso de rodamientos grandes que contienen una acumulación de lubricante muy oxidado, límpielos con una solución alcalina fuerte que contenga un 10% de soda cáustica y un 1% de agente humectante.
8 Seque el rodamiento con un paño que no suelte pelusa o con aire comprimido limpio y sin humedad.
9 Use un endoscopio para inspeccionar los caminos de rodadura, la(s) jaula(s) y los elementos rodantes del rodamiento en busca de descascarillado, surcos, rayones, marcas, cambios de coloración y áreas brillantes. Cuando corresponda, mida el juego radial interno del rodamiento (para determinar si se ha producido desgaste) y confirme que se encuentre dentro de la especificación.
10 Si la condición del rodamiento es satisfactoria, aplique la grasa apropiada al rodamiento inmediatamente y cierre el soporte. Si hay daños evidentes en el rodamiento, desmóntelo (→ *Desmontaje*, desde la **página 252**) y protéjalo contra la corrosión. A continuación, realice un análisis completo (→ *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**).

NOTA: Algunos rodamientos medianos y grandes son adecuados para el reacondicionamiento. Para obtener más información, consulte la sección *Reacondicionamiento y refabricación*, en la **página 331**.

Inspección de las superficies de contacto con los sellos

Para que sea eficaz, el labio de un sello debe deslizarse sobre una superficie de contacto lisa. Si la superficie de contacto está desgastada o dañada, el labio del sello dejará de funcionar adecuadamente. Esto es especialmente importante cuando se instala un sello nuevo. Si se coloca un sello nuevo sobre una superficie de contacto desgastada o dañada, no sellará o fallará prematuramente.

Por lo tanto, la superficie de contacto con el sello debe repararse antes de instalar los sellos nuevos.

Fig. 8



Al inspeccionar la superficie de contacto con el sello, compruebe también si hay corrosión por contacto. Si hay corrosión por contacto evidente pero no es grave, utilice papel de lija fino en húmedo y en seco para eliminarla.

NOTA: Los ejes y otros componentes que tienen superficies de contacto con los sellos desgastadas o dañadas no tienen que sustituirse necesariamente. Se pueden reconstruir y volver a mecanizar. Si corresponde, un SKF SPEEDI-SLEEVE (para diámetros de eje ≤ 203 mm) o un manguito antidesgaste de gran diámetro (LDSLV) (para diámetros de eje > 203 mm) son una forma excelente y rentable de reparar las ranuras de desgaste (**→ fig. 8**). Para obtener más información sobre los manguitos antidesgaste SKF, consulte la sección *Reparación de un eje desgastado con un manguito antidesgaste SKF*, desde la **página 152**.


SKF
TOOL
RELEASE

Resolución de problemas

Introducción **230**
Por qué fallan los rodamientos 230
Factores que influyen en la vida útil del rodamiento 230

Resolución de problemas **232**
Síntomas habituales de problemas de rodamientos 232
Condiciones problemáticas y sus soluciones 235

Introducción

Por qué fallan los rodamientos

Solo una pequeña parte de todos los rodamientos en uso fallan (→ **diagrama 1**). La mayoría de ellos (alrededor del 90%) superan la vida útil de los equipos en los que están instalados. Algunos rodamientos (9,5%) se sustituyen antes de fallar por razones de seguridad (preventivas). Aproximadamente el 0,5% de los rodamientos se sustituyen porque están dañados o fallan.

Los motivos por los que los rodamientos pueden dañarse o fallar son varios, entre ellos:

- fatiga
- sellos ineficaces
- lubricación inadecuada
- carga mayor a la prevista
- ajustes equivocados o inadecuados
- instalación incorrecta

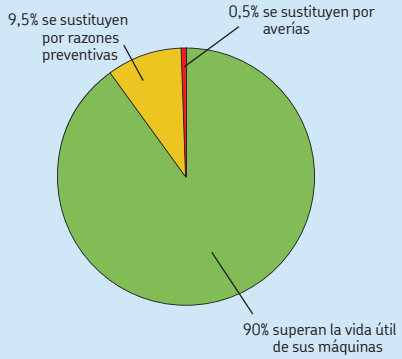
Cada uno de estos eventos produce su propio daño en el rodamiento y deja una huella, que se denomina patrón (→ *Patrones de trayectoria*, desde la **página 291**). Por consiguiente, si se examina cuidadosamente un rodamiento dañado, es posible, en la mayoría de los casos, encontrar la causa raíz del daño. En función de los resultados, se pueden tomar las medidas correctivas necesarias para evitar que se repita el problema.

De los rodamientos que fallan, en general:

- 1/3 fallan debido a la fatiga
- 1/3 fallan por problemas de lubricación
- 1/6 fallan debido a la contaminación

Diagrama 1

Vida útil y fallas de los rodamientos



Para obtener más información sobre los instrumentos de monitoreo de condición SKF y los productos de mantenimiento SKF, visite www.skf.com/cm y www.mapro.skf.com.

SKF ofrece una amplia gama de servicios de mantenimiento mecánico (→ *Servicios de mantenimiento mecánico*, **página 330**) y el Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

- 1/6 fallan por otras razones (como la manipulación y el montaje inadecuados)

Las cifras varían en función del segmento de la industria. En la industria papelera, por ejemplo, una de las principales causas de falla de los rodamientos es la contaminación y la lubricación inadecuada, no la fatiga.

Factores que influyen en la vida útil del rodamiento

En términos generales, los rodamientos en una aplicación tienen una vida útil calculada (→ *Vida útil de los rodamientos*, desde la **página 27**). El hecho de que los rodamientos alcancen o superen esa vida útil calculada depende de una serie de factores:

- **Calidad del rodamiento**
  Solo los rodamientos fabricados con los más altos estándares de calidad pueden proporcionar una vida útil prolongada.

- **Almacenamiento**
  Guardar los rodamientos correctamente es un aspecto importante del almacenamiento adecuado. Evitar el exceso de existencias y utilizar el método “primero en entrar, primero en salir” ayuda a garantizar que haya rodamientos “frescos” en la estantería. Esto es especialmente importante en el caso de los rodamientos que contienen sellos o placas de protección, ya que se lubrican en la fábrica y la grasa tiene una vida útil limitada.

También hay que tener en cuenta que, con los rápidos cambios en la tecnología de fabricación, los rodamientos fabricados hoy tienen una vida útil mucho más larga que los fabricados hace 10 o 15 años. Para obtener más información sobre el almacenamiento de rodamientos, consulte la sección *Almacenamiento de rodamientos, sellos y lubricantes*, desde la **página 41**.

- **Aplicación**
  En la aplicación, se utilizan los rodamientos adecuados.

- **Montaje**
  Los rodamientos solo funcionan bien si se montan correctamente (→ *Montaje de rodamientos*, desde la **página 44**). Las técnicas de montaje inadecuadas pueden dañar fácilmente los rodamientos y provocar una falla prematura.

- **Lubricación**
  Las diferentes condiciones de funcionamiento requieren diferentes lubricantes e intervalos de relubricación. Por consiguiente, no solo es importante aplicar el lubricante adecuado, sino también aplicar la cantidad correcta, en el momento adecuado y con el método correcto (→ *Lubricación*, desde la **página 178**).

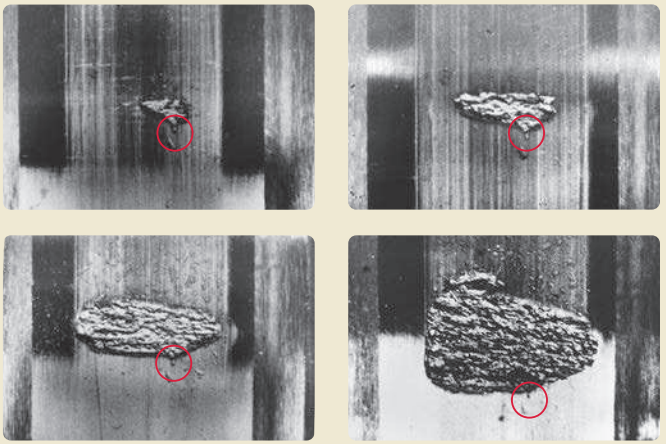
- **Solución de sellado**
  El propósito de un sello es mantener los lubricantes dentro y los contaminantes fuera del rodamiento. Si la aplicación no está bien sellada, el rodamiento puede fallar prematuramente.

Si uno de estos factores es deficiente, la vida útil del rodamiento puede verse comprometida. Si todos son sólidos, se puede esperar una larga vida útil del rodamiento.

Por ejemplo, si la aplicación tiene un sellado inadecuado. Cuando los contaminantes en forma de partículas entran en el rodamiento a través del sello, puede haber una rodadura excesiva de los elementos rodantes. Al rodar en exceso, se crean mellas en los caminos de rodadura (→ **fig. 1**). Las partículas duras pueden causar mellas con bordes afilados. Cuando el área alrededor de las mellas se tensiona, comienza la fatiga de la superficie y el metal empieza a desprenderse del camino de rodadura. Esto se denomina descascarillado. Una vez que se ha producido el descascarillado, el daño progresará hasta que el rodamiento quede inservible.

El tiempo que transcurre desde el primer daño (inicial) hasta que el rodamiento queda inservible puede variar considerablemente. A altas velocidades, puede tardar unos segundos. En máquinas grandes y de giro lento, pueden pasar meses. La mejor respuesta a la pregunta

Fig. 1



Progreso de los daños
La rodadura excesiva con un contaminante duro provocó una mella en el camino de rodadura (**a**). La fatiga del material comenzó justo detrás de la mella. Con el paso del tiempo, el descascarillado es cada vez más importante (**b**, **c**). Si la máquina no se detiene a tiempo, pueden producirse daños secundarios en los componentes de la máquina. Además, la causa raíz del daño podría haber desaparecido (completamente) (**d**).

"¿Cuándo debo sustituir el rodamiento?" es monitorear la condición del rodamiento (→ *Inspección*, desde la **página 216**).

Si un rodamiento dañado no se diagnostica y no se sustituye antes de producirse un fallo catastrófico, pueden producirse daños secundarios en la máquina y sus componentes. Además, cuando un rodamiento falla de forma catastrófica, puede ser difícil, incluso imposible, determinar la causa raíz de la falla.

Tabla 1

Síntomas habituales de problemas de rodamientos

A	Calor excesivo → **tabla 1a**
B	Niveles de ruido excesivos → **tabla 1b**
C	Niveles de vibración excesivos → **tabla 1c**, **página 234**
D	Movimiento excesivo del eje → **tabla 1d**, **página 234**
E	Momento de fricción excesivo para girar el eje → **tabla 1e**, **página 235**

Resolución de problemas

Los rodamientos que no funcionan correctamente suelen mostrar síntomas identificables. La mejor manera de identificar estos síntomas, y tomar las medidas correctivas en una etapa temprana, es establecer un programa de monitoreo de condición de toda la planta (→ *Inspección*, desde la **página 216**).

En los casos en que no se cuente con equipos de monitoreo de condición o no resulte práctico utilizarlos, la sección siguiente presenta algunos consejos útiles para ayudar a identificar los síntomas más habituales, sus causas y, siempre que sea posible, algunas soluciones prácticas. Según el grado de daño del rodamiento, algunos síntomas pueden resultar engañosos y, en muchos casos, son el resultado de daños secundarios. Para resolver los problemas de los rodamientos de forma eficaz, es necesario analizar los síntomas en función de los que primero se observan en la aplicación. Esto se trata con más detalle en el capítulo *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.

Síntomas habituales de problemas de rodamientos

Los síntomas de los problemas de rodamientos suelen reducirse a unos pocos más habituales que se enumeran aquí. Cada síntoma se desglosa en categorías de condiciones que pueden dar lugar a esos síntomas (→ **tabla 1**). Cada condición tiene un código numérico que hace referencia a soluciones prácticas para esa condición específica (→ **tabla 2**, desde la **página 236**).

NOTA: La información sobre la resolución de problemas que se presenta en este capítulo debe utilizarse únicamente como una guía.

Tabla 1a

Síntoma: A. Calor excesivo

Código de solución	Causa posible
	Problema de lubricación
1	Lubricante insuficiente: muy poca grasa o un nivel de aceite demasiado bajo
2	Exceso de lubricante: demasiada grasa sin posibilidad de purga o nivel de aceite demasiado alto
3	Tipo de lubricante incorrecto: consistencia incorrecta, viscosidad incorrecta, aditivos incorrectos
4	Sistema de lubricación incorrecto
	Condiciones de sellado
5	Sellos del soporte demasiado apretados, u otros componentes obstruyen los sellos
6	Varios sellos en una disposición de rodamientos (soporte)
7	Desalineación de los sellos externos (del soporte)
8	Velocidad de funcionamiento demasiado alta para los sellos rozantes de un rodamiento
9	Sellos mal lubricados
10	Sellos orientados en el sentido incorrecto
	Juego insuficiente durante el funcionamiento
11	Elección errónea del juego interno inicial del rodamiento
12	Material del eje que se dilata más que el acero para rodamientos (p. ej., acero inoxidable)
13	Gran diferencia de temperatura entre el eje y el soporte (soporte mucho más frío que el eje)
14	Exceso de calado en un asiento cónico
15	Excesiva falta de redondez en el eje o en el soporte: rodamiento apretado en un soporte ovalado
16	Excesivo ajuste de interferencia del eje o diámetro de asiento del eje sobredimensionado
17	Excesivo ajuste de interferencia del soporte o diámetro de asiento del soporte demasiado pequeño
	Carga inadecuada del rodamiento
18	Rodamientos demasiado cargados como consecuencia de la modificación de los parámetros de la aplicación
19	Desalineación por desplazamiento de dos unidades
20	Desalineación angular de dos unidades
21	Rodamiento instalado al revés
22	Condición de desequilibrio
23	Rodamiento mal ubicado
24	Exceso de cargas axiales inducidas
25	Carga insuficiente
26	Precarga excesiva

Tabla 1b

Síntoma: B. Niveles de ruido excesivos

Código de solución	Causa posible
	Contacto de metal con metal
1	Lubricante insuficiente
3	Película de aceite demasiado fina para las condiciones de funcionamiento
25	Deslizamiento de los elementos rodantes (arrastre)
	Contaminación
27	Mellas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la entrada y rodadura excesiva de contaminantes sólidos
28	Partículas sólidas que quedan en el soporte debido a la fabricación o a fallas anteriores del rodamiento
29	Contaminantes líquidos que reducen la viscosidad del lubricante
	Ajustes demasiado flojos
30	El aro interior se desliza (gira) sobre el eje
31	El aro exterior se desliza (gira) en el soporte
32	Tuerca de fijación del rodamiento suelta en el eje o en el manguito del rodamiento
33	El rodamiento no está bien sujeto a los componentes en contacto
34	Juego interno radial/axial excesivo en el rodamiento
	Daños en la superficie
1, 2, 3, 4	Desgaste por lubricación ineficaz
25	Daños por adherencias debido al deslizamiento de los elementos rodantes
27	Mellas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la rodadura excesiva de contaminantes sólidos
35	Mellas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a cargas de impacto o de choque
36	Marcas de vibrocorrosión en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a vibración estática
37	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la fatiga del material
38	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a daños iniciados en la superficie
39	Corrosión estática en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a contaminantes químicos/líquidos
40	Microrroturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la humedad o a la corriente eléctrica perjudicial
41	Estrías en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido al paso de corriente eléctrica perjudicial
	Frotamiento
7	Sellos del soporte instalados de forma incorrecta
32	El manguito de fijación o de desmontaje no se ha sujetado correctamente
33	Anillos distanciadores mal fijados
42	Lengüetas de la arandela de fijación dobladas

Tabla 1c

Síntoma: C. Niveles de vibración excesivos

Código de solución	Causa posible
	Contacto de metal con metal
25	Deslizamiento de los elementos rodantes (arrastre)
	Contaminación
27	Caminos de rodadura y/o elementos rodantes mellados debido a la entrada y rodadura excesiva de contaminantes sólidos
28	Partículas sólidas que quedan en el soporte debido a la fabricación o a fallas anteriores del rodamiento
	Ajustes demasiado flojos
30	El aro interior se desliza (gira) sobre el eje
31	El aro exterior se desliza (gira) en el soporte
	Daños en la superficie
1, 2, 3, 4	Desgaste por lubricación ineficaz
25	Daños por adherencias debido al deslizamiento de los elementos rodantes
27	Mellas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la rodadura excesiva de contaminantes sólidos
35	Mellas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a cargas de impacto o de choque
36	Marcas de vibrocorrosión en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a vibración estática
37	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la fatiga del material
38	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a daños iniciados en la superficie
39	Corrosión estática en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a contaminantes químicos/líquidos
40	Microrroturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la humedad o a la corriente eléctrica perjudicial
41	Estrías en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido al paso de corriente eléctrica perjudicial

Tabla 1d

Síntoma: D. Movimiento excesivo del eje

Código de solución	Causa posible
	Flojedad
30	Aro interior flojo en el eje
31	Aro exterior excesivamente flojo en el soporte
33	Rodamiento mal fijado en el eje o en el soporte
	Daños en la superficie
1, 2, 3, 4	Desgaste por lubricación ineficaz
37	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la fatiga
38	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a daños iniciados en la superficie
	Juego interno del rodamiento incorrecto
11	Rodamiento instalado con un juego incorrecto
33	Rodamiento mal fijado en el eje o en el soporte, juego axial excesivo

Tabla 1e

Síntoma: E. Momento de fricción excesivo para girar el eje

Código de solución	Causa posible
	Rodamiento precargado
11	Juego incorrecto seleccionado para el rodamiento de repuesto
12	Material del eje que se dilata más que el acero para rodamientos (p. ej., acero inoxidable)
13	Gran diferencia de temperatura entre el eje y el soporte
14	Exceso de calado en un asiento cónico
15	Excesiva falta de redondez en el eje o en el soporte: rodamiento apretado
16, 17	Excesivos ajustes de interferencia del eje y/o del soporte
26	Precarga excesiva: montaje incorrecto (precarga)
	Arrastre del sellado
5	Sellos del soporte demasiado apretados, u otros componentes obstruyen los sellos
6	Varios sellos en una disposición de rodamientos (soporte)
7	Desalineación de los sellos externos (del soporte)
9	Sellos mal lubricados
	Daños en la superficie
37	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a la fatiga
38	Roturas en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido a daños iniciados en la superficie
41	Estrías en los caminos de rodadura y/o en los elementos rodantes debido al paso de corriente eléctrica perjudicial
	Diseño
43	Los rebordes del eje y/o del soporte están fuera de escuadra con el asiento del rodamiento
44	El reborde del eje es demasiado grande y obstruye los sellos/las placas de protección

Condiciones problemáticas y sus soluciones

Las soluciones prácticas a los síntomas más habituales de problemas de rodamientos se proporcionan en la **Tabla 2**, desde la **página 236**.

AVISO

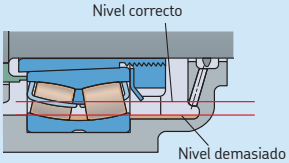
Para reducir al mínimo la posibilidad de que se produzcan lesiones graves, antes de comenzar cualquier trabajo, realice los procedimientos de bloqueo y etiquetado requeridos.

PRECAUCIÓN: ¡El contacto directo con productos derivados del petróleo puede provocar reacciones alérgicas! Lea las hojas de datos de seguridad del material antes de manipular los lubricantes y utilice guantes de protección en todo momento.

Tabla 2

Condiciones problemáticas y sus soluciones

Código de solución	Condición/soluciones prácticas
1	**Lubricante insuficiente** Lubricación con grasa Consideraciones durante el primer llenado o la puesta en marcha: • La grasa debe llenar el 100% del rodamiento, y hasta el fondo del eje en el soporte (1/3 a 1/2). • Si la cavidad del soporte junto al rodamiento es pequeña, puede ser necesario reducir ligeramente la cantidad de grasa para evitar el sobrecalentamiento por agitación. • → *Lubricación*, desde la **página 178**. Acciones durante el funcionamiento: • Compruebe si hay sellos desgastados o dañados, o sellos inadecuados. (Compruebe que no haya fugas de grasa). • Fugas por incompatibilidad de grasas. (Compruebe que no haya fugas de grasa). Acciones durante la relubricación: • Asegúrese de que el intervalo de relubricación sea correcto (no demasiado largo). • Asegúrese de que la grasa llegue al rodamiento. • Asegúrese de que la grasa nueva llegue al rodamiento. Lubricación con baño de aceite Consideración durante el primer llenado, el rellenado o la parada: • El nivel del baño de aceite debe estar en el centro del elemento rodante más bajo en estado estático. Acciones durante el funcionamiento: • Asegúrese de que el soporte tenga la ventilación adecuada para evitar la contrapresión, que puede causar un mal funcionamiento de los lubricadores automáticos. • Compruebe si los sellos están desgastados, dañados o presentan fugas. • Compruebe que no haya fugas en la división del soporte y, si es necesario, aplique una fina capa de cemento para juntas.
2	**Exceso de lubricante** Un exceso de lubricante puede provocar una agitación excesiva y temperaturas elevadas. Lubricación con grasa Consideraciones durante el primer llenado o la puesta en marcha: • La grasa debe llenar el 100% del rodamiento, y hasta el fondo del eje en el soporte (1/3 a 1/2). • Si la cavidad del soporte junto al rodamiento es pequeña, puede ser necesario reducir ligeramente la cantidad de grasa para evitar el sobrecalentamiento por agitación. • → *Lubricación*, desde la **página 178**. Acciones durante el funcionamiento: • Compruebe si es posible purgar la grasa, ya sea a través de los sellos o de un tapón de drenaje. Una válvula de escape de grasa podría evitar la aplicación de un exceso de grasa. • Compruebe que los sellos estén bien orientados, lo que permitirá purgar el exceso de lubricante y mantener los contaminantes fuera. • Asegúrese de que el intervalo de relubricación no sea demasiado corto. • Asegúrese de aplicar la cantidad correcta al relubricar. Lubricación con baño de aceite Acciones: • Asegúrese de ajustar el nivel del baño de aceite en el centro del elemento rodante más bajo en estado estático. • Inspeccione que los orificios de retorno de aceite no estén obstruidos. • La instalación de una mirilla en todos los soportes es una forma rápida y sencilla de comprobar si el nivel de aceite en los soportes es correcto.



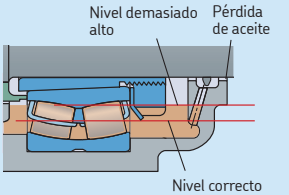


Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

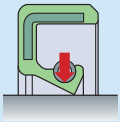
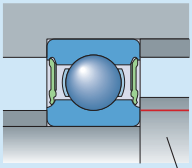
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
3		**El lubricante incorrecto** Acciones: • Revise la aplicación para determinar la viscosidad correcta del aceite base (grasa, aceite) y la consistencia (grasa) requerida para las condiciones específicas de funcionamiento (→ *Lubricación*, desde la **página 178**). • El contacto de metal con metal puede provocar un calor excesivo y un desgaste prematuro, lo que en última instancia conlleva mayores niveles de ruido. • Compruebe la miscibilidad si se ha cambiado la grasa o el aceite de un tipo a otro. • Compruebe la consistencia de la grasa. • Compruebe la viscosidad en funcionamiento.
4		**El sistema de lubricación incorrecto** Acciones: • Revise la velocidad de funcionamiento y mida la temperatura de funcionamiento. • Determine si se utiliza un lubricante y un sistema de lubricación adecuados. • Cambiar de grasa a aceite puede ser una solución sencilla. • Cambiar de la lubricación por baño de aceite a la lubricación por circulación de aceite puede ser una solución. • Añadir un refrigerador auxiliar a un sistema de lubricación por aceite existente también puede evitar muchos problemas relacionados con el calor. • Consulte a SKF o al fabricante del equipo para conocer los requisitos específicos. • Consulte los valores nominales de velocidad proporcionados en la guía de productos del fabricante. Los valores de SKF para las velocidades de referencia y límite están disponibles en línea en www.skf.com/bearings.
5	 	**Los sellos del soporte están demasiado apretados** Acciones: • Compruebe el diámetro del eje para asegurarse de que es el tamaño correcto para el sello de tipo de muelle específico que se está utilizando, a fin de evitar una fricción excesiva, o sustituya el sello por otro que tenga la tensión de muelle adecuada. • Asegúrese de que los sellos estén bien lubricados. • Compruebe el desgaste de los labios de los sellos. • Los sellos de fieltro deben sumergirse en aceite caliente antes de la instalación. **Otros componentes obstruyen los sellos de los rodamientos** Acción: • Comprobar los componentes adyacentes a los sellos: – alturas de resaltes (→ www.skf.com/bearings) – posibilidad de soportar el desplazamiento axial si se produce una elongación del eje

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

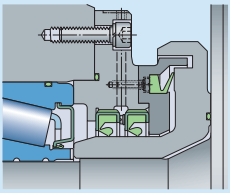
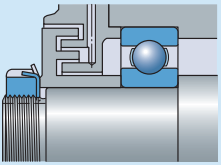
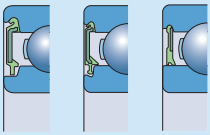
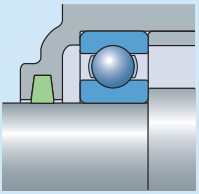
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
6		**Varios sellos en una disposición de rodamientos (soporte)** Consideraciones: • Si se utilizan varios sellos rozantes para ayudar a mantener los contaminantes fuera, la fricción y el calor aumentarán. • Antes de añadir sellos adicionales a una aplicación, hay que tener en cuenta los efectos térmicos sobre el rodamiento y el lubricante. • Además, hay que considerar la potencia adicional necesaria para hacer girar el equipo.
7		**Desalineación de los sellos externos (del soporte)** Consideraciones durante el montaje: • Cualquier desalineación del eje con respecto al soporte puede provocar el roce de un sello no rozante o de tipo intersticio. Esta situación puede elevar las temperaturas, aumentar los niveles de ruido y acelerar el desgaste durante el período de rodaje inicial. También compromete la integridad del sellado. Acciones: • Compruebe la alineación y corrija según corresponda. • Si no se puede evitar la desalineación, puede ser necesario aumentar el juego o los espacios entre los sellos externos.
8	 Sellos rozantes	**Velocidad de funcionamiento demasiado alta para los sellos rozantes del rodamiento** Consideraciones: • Los labios del sello tienen una velocidad límite. Si las velocidades de funcionamiento superan estos límites, se producirán daños en el labio del sello y fugas de grasa. • Si se ha aumentado la velocidad de funcionamiento o si se utiliza un rodamiento con un sello diferente, compruebe que el sello del rodamiento pueda soportar la velocidad. • Los sellos rozantes generarán más calor que los sellos de baja fricción, las placas de protección o los rodamientos abiertos.
9		**Sellos mal lubricados** Consideraciones: • Los sellos rozantes que funcionan en seco pueden añadir cantidades significativas de calor al sistema. Acción durante el montaje: • Asegúrese de que los sellos estén correctamente lubricados en la puesta en marcha de equipos nuevos o reconstruidos. (Los sellos de fieltro deben sumergirse en aceite caliente antes de la instalación). Acciones durante el funcionamiento: • Normalmente, el lubricante del soporte será lanzado hacia los sellos y los lubricará automáticamente. • Los sellos correctamente lubricados funcionarán más fríos y crearán un sellado eficaz, ya que cualquier espacio entre las partes en contacto se llenará con una barrera de lubricante. • Una lubricación adecuada también reducirá el desgaste prematuro de los sellos. • Compruebe si los sellos están desgastados o dañados.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

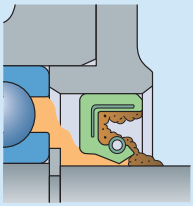
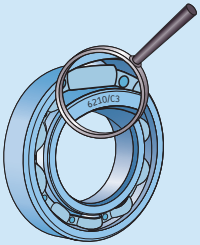
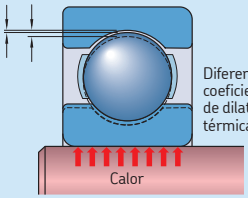
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
10		**Sellos orientados en el sentido incorrecto y que no permiten la purga de la grasa** Consideración durante el montaje: • Según la aplicación, es posible que los sellos rozantes deban orientarse en un sentido específico para permitir la purga del lubricante o para evitar las fugas de aceite. Acción: • Comprobar los planos de la aplicación o contactar al fabricante del equipo para determinar la orientación adecuada de los sellos para el equipo. Consideración durante el funcionamiento: • Los labios del sello que miran hacia afuera generalmente permitirán la purga del exceso de lubricante y evitarán la entrada de contaminantes. Acción: • Los sellos deben estar orientados correctamente para mantener la grasa dentro y los contaminantes fuera del rodamiento.
11		Elección errónea del juego interno inicial del rodamiento Acción: • Comprobar el embalaje para asegurarse de que el juego interno del nuevo rodamiento se ajuste a la especificación de diseño original. • Si un rodamiento se sobrecalienta después de su sustitución, y si se requiere un mayor juego para la aplicación, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF para conocer los efectos del juego adicional en el equipo, así como en el rodamiento. • Comprobar todas las dimensiones, ya que el desgaste de los componentes puede influir en el juego del rodamiento.
12		**Material del eje (y del soporte) que se dilata más que el acero para rodamientos** Consideraciones durante el rediseño o la refabricación: • En algunos casos, pueden cambiarse los materiales del eje y del soporte, p. ej., un eje de acero inoxidable para cumplir la normativa alimentaria, o un soporte de aluminio para reducir el peso del equipo. • Cuando el material del eje tiene un coeficiente de dilatación térmica superior al del acero para rodamientos, el juego radial interno se reduce aún más. Por lo tanto, para determinados materiales de eje de acero inoxidable (serie 300), se requiere un ajuste del eje ligeramente más flojo o un rodamiento con mayor juego radial interno, p. ej., de CN a C3, de C3 a C4, etc. • Si se utiliza un soporte fabricado con un material con mayor coeficiente de dilatación térmica que el acero para rodamientos, p. ej., aluminio, puede ser necesario un ajuste ligeramente más apretado para evitar que el aro exterior gire en el asiento del soporte. Acción: • En ambos casos, podría ser necesario calcular el efecto del nuevo material del eje o del soporte sobre el juego interno del rodamiento y sustituirlo en consecuencia.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

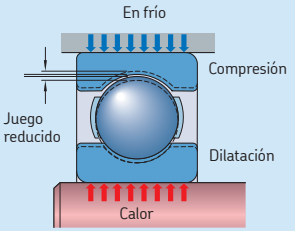
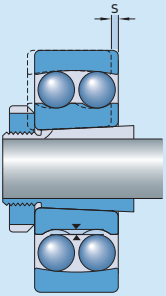
Código de solución	Condición/soluciones prácticas
13 	**Gran diferencia de temperatura entre el eje y el soporte** Consideraciones durante el diseño: • Debido a su diseño, los rodamientos suelen tener una temperatura del aro interior superior a la del exterior. Por ejemplo, el eje de un motor eléctrico tiene una temperatura relativamente alta, lo que hace que el aro interior se dilate. Las cubiertas del motor que contienen los aros exteriores del rodamiento tienen una superficie bastante grande que favorece la disipación del calor, lo que hace que la diferencia de temperatura sea bastante considerable. Consideraciones durante el funcionamiento: • Una gran diferencia de temperatura entre el eje y el soporte reduce el juego interno del rodamiento, lo que puede dar lugar a un juego demasiado pequeño o incluso a una precarga, y provocar altas temperaturas de funcionamiento. Acciones: • Compruebe las temperaturas del eje y del soporte más cercano al rodamiento. • Si se justifica, seleccione un rodamiento con mayor juego interno para evitar la precarga, p. ej., de CN a C3, de C3 a C4, etc.
14 	**Exceso de calado en un asiento cónico** Consideraciones durante el montaje: • El montaje de un rodamiento con agujero cónico sobre un asiento cónico (eje o manguito) reduce el juego radial interno del rodamiento. Consideraciones durante el funcionamiento: • Demasiado calado "s" puede dar lugar a un juego interno demasiado pequeño o incluso a una precarga. Esto provoca temperaturas de funcionamiento más elevadas. • Un excesivo calado "s" puede dar lugar a una tensión circunferencial muy elevada en el rodamiento, lo que provocará el agrietamiento del aro interior. Acciones: • Rodamientos de bolas a rótula pequeños: Después del montaje en el eje, comprobar si el aro exterior puede girar fácilmente. En caso contrario, desmontar el rodamiento e iniciar el procedimiento de montaje desde el principio. • Rodamientos de bolas a rótula grandes, rodamientos de rodillos a rótula y de rodillos toroidales CARB: Comparar el juego resultante después del montaje con el juego inicial del rodamiento. Consulte el **Anexo F**, desde la **página 402** para conocer los valores máximos de reducción del juego. Si el juego es insuficiente, desmontar el rodamiento y comenzar el procedimiento de montaje desde el principio. • Para un montaje adecuado, utilizar el método de calado de rodamientos SKF Drive-up o el método del ángulo de apriete para los rodamientos de bolas a rótula, y el método de calado de rodamientos SKF Drive-up o el método de reducción del juego para los rodamientos de rodillos a rótula y los rodamientos de rodillos toroidales CARB. El método de calado de rodamientos SKF Drive-up (**→ página 57**) de eficacia probada es una forma sencilla de conseguir el juego de funcionamiento correcto sin necesidad de utilizar galgas de espesores. Para rodamientos muy grandes, utilizar SensorMount (**→ página 67**).

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

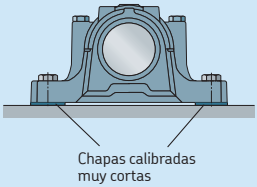
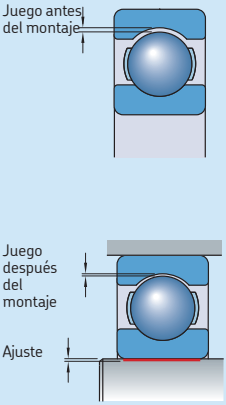
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
15		**El rodamiento está montado en un componente con error de redondez** Consideraciones durante el funcionamiento: • Un aro exterior del rodamiento en un soporte con error de redondez o distorsionado (sujeción ovalada/aplastamiento) provoca una reducción del juego o de la precarga y un aumento de la temperatura de funcionamiento. • Esto se caracteriza, por lo general, por la existencia de dos zonas de carga en el aro exterior que están separadas 180°. • La sujeción ovalada (aplastamiento) también puede restringir el movimiento axial del rodamiento libre e inducir fuertes cargas axiales. Acciones: • Compruebe que la superficie de apoyo sea plana para evitar la pata coja. Las posibles chapas calibradas deben cubrir toda la superficie de la base del soporte. • Asegúrese de que la superficie de apoyo del soporte sea lo suficientemente rígida para evitar la flexión. • Compruebe la redondez (ovalidad) de los asientos del eje y del soporte (→ **Anexo D-1**, **página 386**). • Vuelva a mecanizar si es necesario.
16		**Excesivo ajuste de interferencia del eje o diámetro de asiento del eje sobredimensionado** Consideraciones durante el diseño: • Un ajuste de interferencia entre el aro interior del rodamiento y el asiento del eje dilatará el aro interior y reducirá el juego interno del rodamiento. • Si el ajuste es demasiado apretado, puede dar lugar a un juego de funcionamiento demasiado pequeño en el rodamiento, o incluso a una precarga. Esto provocará que el rodamiento funcione en caliente. Acciones: • Compruebe que el rodamiento instalado tenga el juego interno correcto. • Si el eje es nuevo o reacondicionado, compruebe cuidadosamente las dimensiones del asiento del rodamiento en cuanto a su precisión dimensional y de forma (→ **Anexo D-1**, **página 386**). • Antes de llevar a cabo cualquier medida correctiva, compruebe las dimensiones del agujero del soporte. • Si todas las dimensiones se ajustan a las especificaciones, podría ser necesario un rodamiento con un juego interno mayor. • Tenga en cuenta que un ajuste de interferencia en el eje y en el soporte probablemente dará lugar a un juego de funcionamiento demasiado pequeño (→ *Fijación radial de los rodamientos*, desde la **página 31**).

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

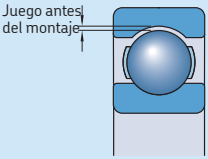
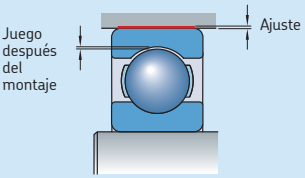
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
17	 	**Excesivo ajuste de interferencia del soporte o diámetro de asiento del soporte demasiado pequeño** Consideraciones durante el diseño: • Un ajuste de interferencia entre el aro exterior del rodamiento y el asiento del soporte comprimirá el aro exterior y reducirá el juego interno del rodamiento. • Si el ajuste es demasiado apretado, puede dar lugar a un juego de funcionamiento demasiado pequeño en el rodamiento, o incluso a una precarga. Esto provocará que el rodamiento funcione en caliente. Acciones: • Compruebe que el rodamiento instalado tenga el juego interno correcto. • Si el soporte es nuevo o reacondicionado, compruebe cuidadosamente las dimensiones del asiento del rodamiento en cuanto a su precisión dimensional y de forma (→ **Anexo D-1**, **página 386**). Vuelva a rectificar el asiento del soporte hasta conseguir el ajuste adecuado. Si no es posible, utilice un rodamiento con mayor juego interno. • Tenga en cuenta que un ajuste de interferencia en el eje y en el soporte probablemente dará lugar a un juego de funcionamiento demasiado pequeño (→ *Fijación radial de los rodamientos*, desde la **página 31**). • Tenga en cuenta que, para una carga del aro interior giratorio, un ajuste de interferencia en el soporte hará que el rodamiento "flotante" se fije, lo que inducirá una carga axial y un calor excesivo.
18		**Rodamientos demasiado cargados como consecuencia de la modificación de los parámetros de la aplicación** Consideraciones durante el rediseño o la refabricación: • El aumento de las cargas externas en un rodamiento generará más calor en su interior. • Las cargas más pesadas reducirán la vida útil del rodamiento. • Por lo tanto, si se cambia el diseño, revise las cargas para asegurarse de que no hayan aumentado. Ejemplos: • Pasar de un acoplamiento a una transmisión por correa. • Pasar de un acoplamiento a una polea. • Aumentar la velocidad de un equipo. Acción: • Los cambios en el rendimiento de un equipo deben ser revisados con el fabricante del equipo original.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

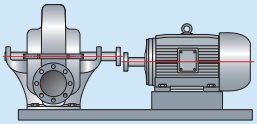
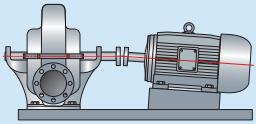
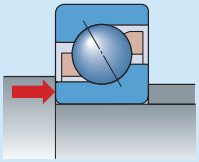
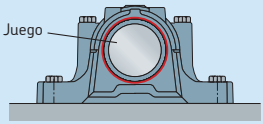
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
19		**Desalineación por desplazamiento de dos unidades** Consideraciones durante el montaje: • Los dos soportes no están en línea recta (en sentido vertical u horizontal). • Esto induce cargas adicionales sobre los rodamientos y los sellos, que aumentan la fricción y la temperatura, y reducen la vida útil de los rodamientos, los sellos y el lubricante. Acción: • Alinear los soportes con el equipo adecuado utilizando chapas calibradas para realinear verticalmente (→ *Alineación*, desde la **página 158**).
20		**Desalineación angular de dos unidades** Consideraciones durante el montaje: • Las dos superficies de apoyo no están alineadas: una está inclinada con respecto a la otra. • Esto induce cargas adicionales sobre los rodamientos y los sellos, que aumentan la fricción y la temperatura, y reducen la vida útil de los rodamientos, los sellos y el lubricante. Acción: • Alinear los soportes con el equipo adecuado y chapas calibradas (→ *Alineación*, desde la **página 158**).
21		**Rodamiento instalado al revés que provoca la descarga de los rodamientos de bolas de contacto angular** Consideraciones durante el montaje: • Los rodamientos direccionales deben instalarse en el sentido correcto para que funcionen debidamente. • Por ejemplo: Los rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular solo pueden soportar cargas axiales en un sentido. Si se instala al revés, la carga axial recaerá sobre el reborde inferior del aro interior, lo que daña el rodamiento, aumenta el calor generado por este y provoca su falla prematura. Acción: • Durante el montaje/ensamblaje, asegúrese de que la carga axial sea soportada por el reborde "superior".
22		**Condición de desequilibrio** Consideraciones durante el funcionamiento: • Una carga desequilibrada puede generar una carga en el aro exterior giratorio que aumentará significativamente el calor generado por el rodamiento y, al mismo tiempo, aumentará la carga en este rodamiento. Acciones: • Inspeccione el rotor en busca de una acumulación de suciedad/contaminantes. • Vuelva a equilibrar el equipo. • Tenga en cuenta que un asiento del soporte demasiado grande también causará vibración y deslizamiento (giro) del aro exterior.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

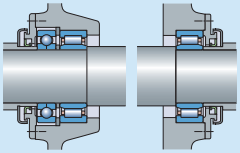
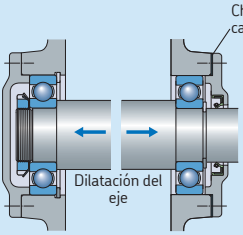
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
23		**El rodamiento está mal fijado (radialmente)** Consideraciones durante el diseño o el montaje: • En algunas aplicaciones, la disposición de rodamientos para la posición fija consta de un rodamiento radial y un rodamiento axial. • Si el rodamiento radial está fijado axialmente, se verá sometido a cargas axiales, lo que dará lugar a cargas combinadas demasiado pesadas. Esto puede provocar temperaturas excesivas y, posiblemente, una falla prematura del rodamiento. • Si el rodamiento axial está fijado radialmente, se verá sometido a cargas radiales, lo que dará lugar a cargas combinadas (muy) pesadas. Esto puede provocar temperaturas excesivas y, posiblemente, una falla prematura del rodamiento. Acción: • Asegurarse de que el rodamiento radial esté aliviado axialmente y que el rodamiento axial lo esté radialmente. Para evitar que el aro exterior del rodamiento axial gire, se debe proveer un tope, p. ej., un rodamiento de bolas con cuatro puntos de contacto suele tener ranuras de fijación en el aro exterior.
24		**Los rodamientos tienen una fijación cruzada y el eje ya no puede dilatarse** Consideraciones durante el diseño o el montaje: • Cuando los rodamientos están fijados de forma cruzada y la dilatación del eje es demasiado restringida, se inducirán cargas axiales internas en ambos rodamientos. • Las cargas inducidas pueden provocar temperaturas de funcionamiento excesivas y un aumento del momento de fricción. • Las cargas inducidas pueden ser pesadas y provocar un descascarillado prematuro por fatiga. Acciones: • Inserte chapas calibradas entre el soporte y la tapa para obtener un juego adecuado entre la tapa y la cara lateral del aro exterior para evitar la precarga axial de los rodamientos. • Si es posible, aplique una carga de muelle axial en el aro exterior para reducir el juego axial en el sistema de rodamientos. • La determinación de la elongación esperada del eje debe ayudar a establecer el juego necesario entre la cara lateral del aro exterior del rodamiento y la tapa del soporte.
25		**Adherencias causadas por elementos rodantes insuficientemente cargados (deslizamiento)** Consideraciones durante el diseño: • Con el fin de lograr un funcionamiento satisfactorio y evitar las adherencias, todos los rodamientos de bolas y de rodillos deben estar siempre sometidos a una carga mínima determinada (→ www.skf.com/bearings). • Si no se cumplen los requisitos de carga mínima, puede producirse un deslizamiento (arrastre). Esto genera un exceso de calor y ruido. Las grasas extremadamente rígidas pueden contribuir a esta condición, especialmente en entornos muy fríos. Acciones: • Se deben aplicar cargas externas adicionales o hacen falta dispositivos externos de tipo muelle. • Como alternativa, puede ser necesario un rodamiento con un juego interno diferente o un tipo de rodamiento diferente. • La reducción del tamaño del rodamiento también puede ser una solución.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

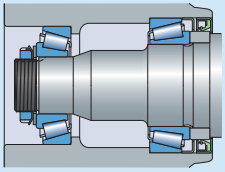
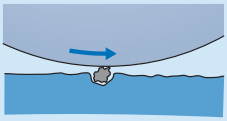
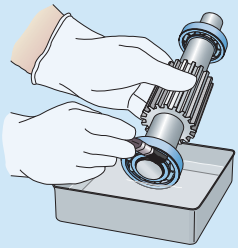
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
26		**El ajuste de los rodamientos provoca una precarga excesiva** Consideraciones durante el montaje o el ensamblaje: • Cuando se ajusta el juego axial o la precarga en una disposición de rodamientos, apretar demasiado el dispositivo de ajuste (tuerca de fijación) puede provocar una precarga excesiva y temperaturas de funcionamiento excesivas. • Una precarga excesiva también aumentará el momento de fricción en los rodamientos. Ejemplo: rodamientos de rodillos cónicos o rodamientos de bolas de contacto angular con un rodamiento en cada extremo del eje. Acciones: • Consulte con el fabricante del equipo los procedimientos de montaje adecuados para ajustar el juego axial o la precarga en el equipo. • Utilice un reloj comparador para medir el movimiento axial del eje durante el ajuste y después de este.
27		**Los contaminantes sólidos entran en el rodamiento y mellan las superficies rodantes** Consideración durante el funcionamiento: • Los contaminantes pueden dañar las superficies de contacto de los rodamientos y aumentar los niveles de ruido y vibración. En algunos casos, también pueden aumentar las temperaturas. Acciones: • Compruebe lo siguiente sobre la disposición de sellado: – Se ha utilizado el sello correcto. – El sello se instaló correctamente. – No hay desgaste del sello, daños en el sello ni fugas de lubricante. • Es posible que sea necesario acortar el intervalo de relubricación. El suministro de pequeñas cantidades de grasa nueva con mayor frecuencia puede ayudar a purgar la grasa contaminada de la cavidad del rodamiento/soporte (→ *Relubricación*, desde la **página 192**). • Considere la posibilidad de sustituir los rodamientos abiertos por rodamientos sellados.
28		**Sólidos procedentes de la fabricación o de fallas anteriores de los rodamientos en el soporte** Consideraciones durante la limpieza o el montaje y sobre la limpieza del lubricante: • Pueden producirse mellas en las superficies de contacto del rodamiento cuando quedan contaminantes sólidos en el soporte del rodamiento por una falla anterior, por el desgaste de otros componentes, como los engranajes, o por un lubricante contaminado. • Esto puede aumentar los niveles de temperatura, ruido y vibración. Acciones: • Elimine las rebabas y asegúrese de que todas las superficies mecanizadas sean lisas. • Limpie a fondo el soporte y todos los componentes dentro de este antes de montar un nuevo rodamiento. • Asegúrese de que el lubricante aplicado esté limpio y no contenga ningún contaminante. (Los recipientes de grasa deben estar cerrados y almacenarse adecuadamente).

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

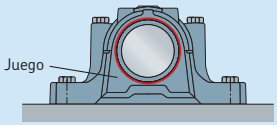
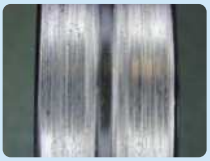
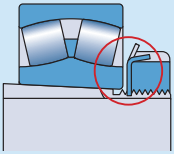
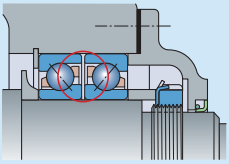
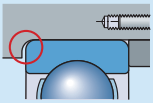
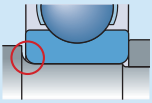
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
29		**Los contaminantes líquidos reducen la viscosidad del lubricante** Consideraciones durante el montaje o la lubricación y sobre el sellado: • Los contaminantes líquidos reducirán la viscosidad del lubricante, lo que puede provocar un contacto de metal con metal. • Además, pueden provocar la formación de óxido en las superficies de contacto del rodamiento. • Estas condiciones conllevan un aumento de la temperatura, el desgaste y los niveles de ruido. Acciones: • Compruebe los sellos del soporte para asegurarse de que pueden evitar la entrada de contaminantes líquidos. • Es posible que sea necesario acortar el intervalo de relubricación. El suministro de pequeñas cantidades de grasa nueva con mayor frecuencia puede ayudar a purgar la grasa contaminada de la cavidad del rodamiento/soporte (→ *Relubricación*, desde la **página 192**).
30		**El aro interior se desliza (gira) sobre el asiento del eje** Consideraciones acerca de ajustes o deslizamientos: • La mayoría de las aplicaciones tienen un eje giratorio en el que la carga es unidireccional. Esto se considera una carga del aro interior giratorio y requiere un ajuste apretado en el eje para evitar el movimiento relativo. El rendimiento adecuado de los rodamientos depende en gran medida de un ajuste correcto. • Sin embargo, un aro interior puede deslizarse o girar sobre su asiento en el eje si el asiento es demasiado pequeño o está desgastado. • Esto conlleva un aumento de los niveles de ruido y vibración, así como del desgaste. Acción: • Metalizar y rectificar el asiento del eje al tamaño adecuado (→ *Fijación radial de los rodamientos*, desde la **página 31**).
31	 	**El aro exterior se desliza (gira) en el asiento del soporte** Asiento desgastado o sobredimensionado Consideraciones acerca de ajustes o deslizamientos: • La mayoría de las aplicaciones tienen un soporte fijo en el que la carga es unidireccional. Esto se considera una carga fija del aro exterior y, en la mayoría de las condiciones, el aro exterior puede mantenerse en su sitio con un ajuste flojo. • Sin embargo, un aro exterior puede deslizarse o girar en el asiento del soporte si el asiento está sobredimensionado o desgastado. • Esto conlleva un aumento de los niveles de ruido y vibración, así como del desgaste. Acciones: • Metalizar y rectificar el asiento del soporte al tamaño adecuado (→ *Fijación radial de los rodamientos*, desde la **página 31**). • En el caso de los soportes grandes, la solución podría ser mecanizar el asiento a un diámetro mayor y utilizar un manguito de cartucho. Carga desequilibrada Consideraciones acerca de ajustes o deslizamientos: • Las cargas resultantes de un eje desequilibrado pueden provocar el deslizamiento del aro exterior, incluso con ajustes correctos. Acciones: • Eliminar el origen del desequilibrio. • Volver a equilibrar la máquina.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

Código de solución		Condición/soluciones prácticas
32		**La tuerca de fijación del rodamiento está suelta en el eje o en el manguito de fijación** Consideraciones durante el montaje o el ensamblaje: • Una tuerca de fijación o una arandela de fijación floja en el eje o en el manguito de fijación puede hacer que el rodamiento se afloje en su asiento. • Esto puede hacer que el aro interior se deslice (gire) en su asiento del eje. • Esta condición puede aumentar los niveles de ruido y el calor generado por el rodamiento, pero también conlleva un mal posicionamiento del rodamiento. Acciones: • Apretar la tuerca de fijación para obtener la posición adecuada del aro interior (juego interno del rodamiento) (→ *Montaje de rodamientos*, desde la **página 44**). • Asegurarse de que la tuerca de fijación esté bien bloqueada, con una lengüeta de arandela de fijación, por ejemplo, cuando se haya completado el montaje.
33		**El rodamiento no está bien sujeto a los componentes en contacto** Consideraciones durante el montaje o el ensamblaje: • Un rodamiento que no está bien sujeto a un componente adyacente puede no alcanzar el juego interno o la precarga necesarios. • Esta condición puede aumentar los niveles de ruido y tener un impacto negativo en el rendimiento del rodamiento. Ejemplos: • Un par de rodamientos de bolas de contacto angular coincidentes que no están bien sujetos. • Esto puede aumentar el juego axial en el par de rodamientos, lo que puede provocar daños por deslizamiento de las bolas (adherencias), aumento de los niveles de ruido y problemas de lubricación. • No sujetar correctamente el rodamiento también puede afectar al posicionamiento del eje. Acción: • Asegurarse de que el dispositivo de fijación posiciona los dos rodamientos contra el reborde o espaciador del eje.
	 	**Radio de acuerdo (radio angular) demasiado grande** Consideraciones durante el montaje o el ensamblaje: • Si el radio de acuerdo de un componente adyacente es demasiado grande, el rodamiento no se apoyará correctamente. • Esta condición puede distorsionar los aros del rodamiento. • El rodamiento no alcanzará el juego interno adecuado (precarga). Acción: • Mecanizar el radio de acuerdo para obtener el soporte adecuado.

9

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

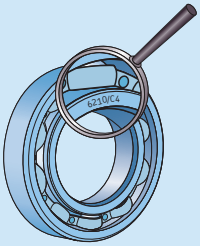
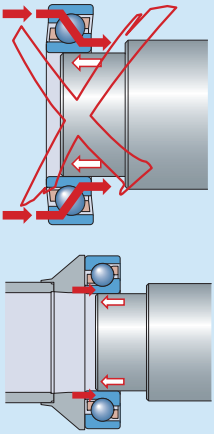
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
34		**Juego interno radial o axial demasiado grande en un rodamiento** Consideraciones durante el funcionamiento: • Un juego interno radial o axial excesivo puede aumentar los niveles de ruido porque los elementos rodantes pueden moverse libremente fuera de la zona de carga. • Además, un juego excesivo también puede tener un efecto perjudicial en el rendimiento del rodamiento debido al deslizamiento de los elementos rodantes. Acciones: • El uso de muelles o arandelas onduladas puede proporcionar una carga axial adecuada para mantener los elementos rodantes cargados en todo momento (principalmente en aplicaciones con rodamientos de bolas). • Revisar el juego inicial necesario en el rodamiento; ajustar la selección del juego cuando sea necesario.
35		**Las superficies rodantes están melladas por cargas de impacto o de choque (método de montaje incorrecto)** Consideraciones durante el diseño: • La mayoría de los rodamientos se montan con un ajuste de interferencia sobre el eje o en el soporte. Consideraciones durante el montaje: • Al montar el aro del rodamiento con un ajuste de interferencia, aplique siempre la fuerza sobre dicho aro. Nunca permita que la fuerza de montaje se transmita a través de los elementos rodantes, ya que esto puede mellar fácilmente los caminos de rodadura y los elementos rodantes. • El daño resultante puede aumentar los niveles de ruido y vibración, así como la temperatura. • Es probable que el rodamiento falle prematuramente. Acciones: • Sustituir el rodamiento. • Nunca golpear ninguna parte de un rodamiento directamente al montarlo. Utilizar siempre un manguito de montaje. • Revise los procedimientos de montaje y asegúrese de que no se aplican fuerzas de montaje a través de los elementos rodantes (→ *Montaje en frío*, desde la **página 53**). • Utilice una herramienta de montaje de rodamientos. (El kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF es una herramienta excelente para los rodamientos más pequeños).
36		**Las superficies rodantes presentan vibrocorrosión debido a las vibraciones** Consideraciones durante el funcionamiento: • Las vibraciones de otras máquinas mientras un equipo no está girando pueden provocar vibrocorrosión en los caminos de rodadura. Este daño suele producirse en la zona cargada, y se caracteriza por unas mellas que coinciden con la distancia entre los elementos rodantes. • Este problema habitual provoca ruidos en los equipos que permanecen inactivos durante largos períodos junto a otros equipos que están funcionando, es decir, los equipos de reserva. Acciones: • Girar periódicamente el eje del equipo de reserva para ayudar a reducir al mínimo los efectos de la vibración. • La solución real sería aislar el equipo de la vibración, pero no siempre resulta práctico. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

Código de solución		Condición/soluciones prácticas
37		**Las superficies rodantes presentan descascarillado debido a la fatiga del material** Consideraciones durante el funcionamiento: • La fatiga pura del material en un rodamiento de alta calidad es cada vez menos frecuente. • El descascarillado por fatiga es el resultado de una condición de funcionamiento anormal que genera mayor tensión en el rodamiento, como una desalineación, una sujeción ovalada (aplastamiento) o el resultado de defectos en el material, como inclusiones o acero de mala calidad. Acciones: • Utilizar únicamente rodamientos de alta calidad. • Comprobar la desalineación de los rodamientos dañados. Realinear cuando sea necesario. • Comprobar si los rodamientos dañados presentan una posible sujeción ovalada (aplastamiento). Reparar y mecanizar los asientos cuando sea necesario. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.
38		**Las superficies rodantes presentan descascarillado debido a la fatiga iniciada en la superficie** Consideraciones durante el funcionamiento: • Una lubricación inadecuada provoca el contacto de metal con metal entre las superficies rodantes. • Las causas, entre otras, son las siguientes: viscosidad demasiado baja a la temperatura de funcionamiento, partículas de desgaste y entrada de contaminantes. Acciones: • Revisar la viscosidad de funcionamiento del lubricante, teniendo en cuenta las condiciones reales de funcionamiento. • Para descargar las partículas de desgaste, considerar una relubricación más frecuente. • Comprobar la condición de la disposición de sellado. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.
		**Las superficies rodantes presentan descascarillado, iniciado por daños en la superficie** Consideraciones durante el montaje o el funcionamiento: • Los daños iniciados en la superficie incluyen condiciones como el punzonamiento por impacto, vibrocorrosión por vibración, corrosión de tipo galvánico, mellas por partículas, pasaje de corriente eléctrica, etc. Acciones: • Identificar el origen de los daños y adoptar las acciones pertinentes, p. ej., eliminar el impacto a través de los elementos rodantes durante el montaje, sustituir los sellos para evitar la entrada de contaminantes, conectar el equipo a tierra adecuadamente, etc. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

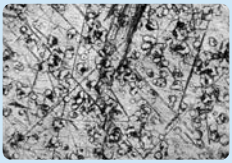
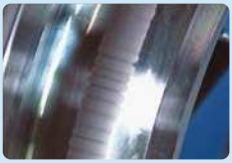
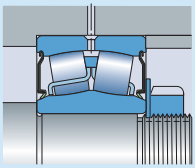
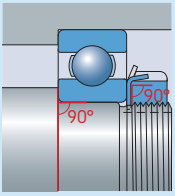
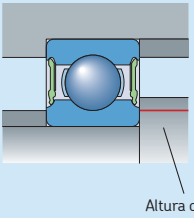
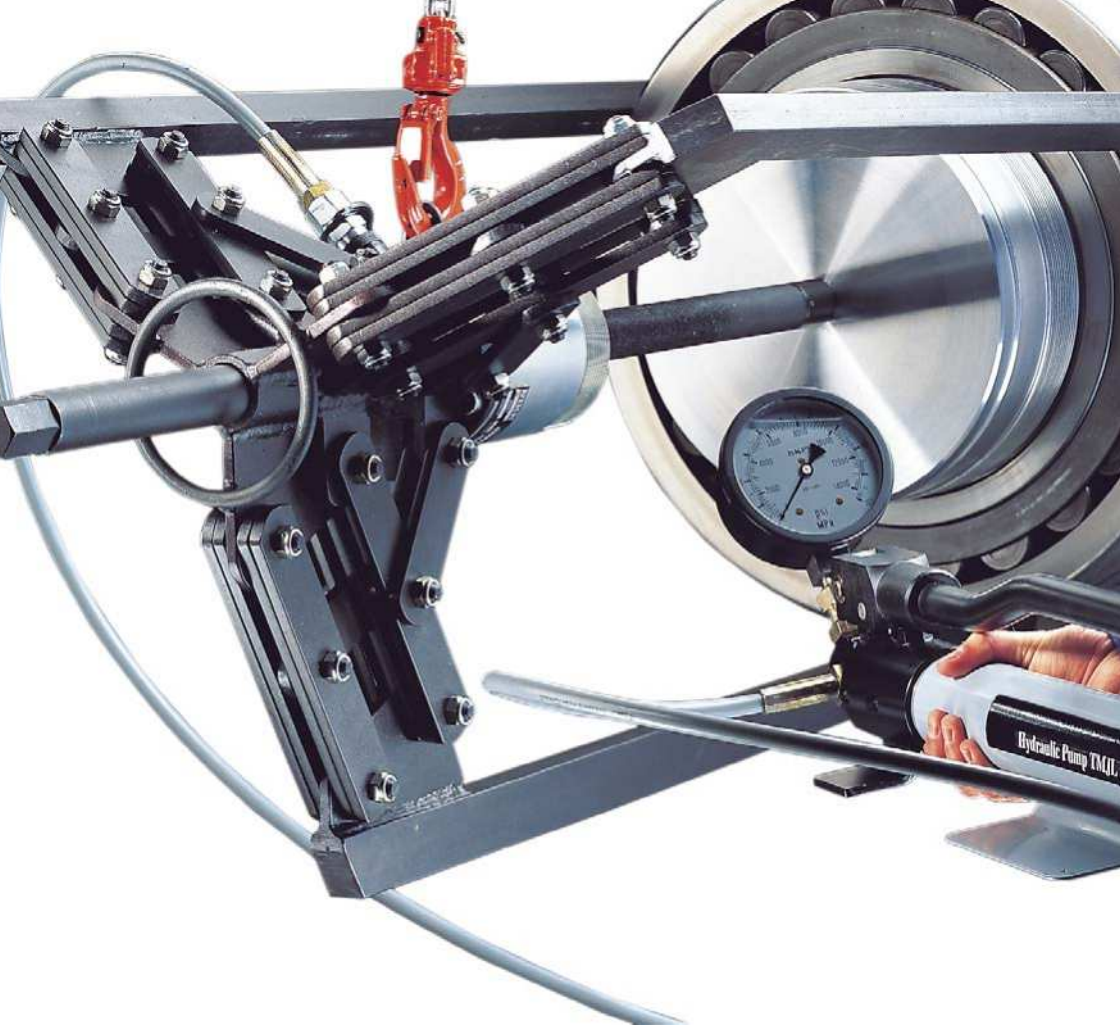
Código de solución		Condición/soluciones prácticas
39		**Corrosión de las superficies rodantes por contaminantes químicos/ líquidos (agua, ácidos, gases u otros corrosivos)** Durante la parada: • La corrosión se produce cuando el equipo está inactivo y es más común en los rodamientos lubricados con grasa. • Los daños causados por la corrosión estática suelen producirse en la distancia entre los elementos rodantes. Acciones: • Comprobar el sistema de sellado. • Mejorar la disposición de sellado instalando una placa protectora y/o un deflector. • El suministro de pequeñas cantidades de grasa nueva con mayor frecuencia puede ayudar a purgar la grasa contaminada de la cavidad del rodamiento/ soporte (→ *Relubricación*, desde la **página 192**). • Girar periódicamente el eje para reducir al mínimo los efectos dañinos de la corrosión estática. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.
40		**Los caminos de rodadura y/o los elementos rodantes tienen microrroturas** Durante el funcionamiento: • Las microrroturas de las superficies rodantes, a veces llamadas picaduras, son el resultado de contaminantes corrosivos o de fugas de corriente (erosión eléctrica). • Cualquiera que sea la causa, el resultado será un aumento de los niveles de ruido y vibración. Acciones: • → Códigos de solución **39** y **41**. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.
41		**Los caminos de rodadura y/o los elementos rodantes tienen microrroturas** Durante el funcionamiento: • Las fugas de corriente (erosión eléctrica), es decir, el paso de la corriente a través del rodamiento, pueden dar lugar a microabrasiones en la superficie. Como son muy pequeñas, apenas pueden observarse a simple vista. El Detector de paso de corriente eléctrica SKF es un instrumento sin contacto que puede ayudar a determinar la presencia de corrientes de descarga eléctrica. Acciones: • Ampliar el área de 500 × a 1 000 × para confirmar la presencia de microabrasiones. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.
		**Estriado de las superficies rodantes** Durante el funcionamiento: • El estriado de los caminos de rodadura es un daño secundario que suele atribuirse al paso de una corriente eléctrica perjudicial a través del rodamiento. • En algunos casos poco frecuentes, el aspecto de tabla de lavar puede ser el resultado de la vibración durante el funcionamiento. • La corriente que atraviesa el rodamiento puede tener su origen en problemas de conexión a tierra, inversores de frecuencia, cableado, diseño del motor y maquinaria accionada. Acciones: • Comprobar que el equipo esté correctamente conectado a tierra. • Si la conexión a tierra adecuada no corrige el problema, las soluciones alternativas son los rodamientos INSOCOAT (con recubrimiento aislante), los rodamientos híbridos (con elementos rodantes cerámicos) o el uso de un manguito aislante en el agujero del soporte. • → *Daños en los rodamientos y sus causas*, desde la **página 288**.

Tabla 2 cont.

Condiciones problemáticas y sus soluciones

Código de solución		Condición/soluciones prácticas
42		**Lengüetas de las arandelas de fijación dobladas, y obstruyen la jaula o los sellos de los rodamientos** Consideraciones durante el montaje o el ensamblaje: • Algunas arandelas de fijación tienen lengüetas dobladas que pueden obstruir la jaula o los sellos del rodamiento, generar ruido y acelerar el desgaste y los daños. • Las arandelas de fijación usadas también pueden tener una lengüeta de cierre dañada o una lengüeta antirrotación que no es evidente y que puede romperse más tarde. Acciones: • Nunca reutilizar las arandelas (ni las tuercas). • Hay que tener en cuenta que las tuercas de fijación KMFE llevan incorporado un espaciador para evitar este tipo de daños; como alternativa, se puede colocar un aro intermedio entre el rodamiento y la tuerca de fijación.
43		**Los rebordes del eje y/o del soporte están fuera de escuadra con el asiento del rodamiento** Consideraciones sobre los rebordes mecanizados durante el montaje o el ensamblaje: • Los rebordes del eje o del soporte que están fuera de escuadra pueden distorsionar los aros del rodamiento, lo que aumentará el momento de fricción en el rodamiento y generará calor. • → Códigos de solución **19** y **20**. Acción: • Mecanizar las piezas para conseguir la perpendicularidad correcta.
44		**El reborde del eje es demasiado alto y obstruye los sellos/las placas de protección** Consideraciones sobre los rebordes mecanizados durante el montaje o el funcionamiento: • Si el reborde es demasiado alto, puede obstruir los sellos/las placas de protección. Acciones: • Compruebe que el diámetro del reborde se ajuste a las recomendaciones, disponibles en línea en www.skf.com/bearings. • Mecanizar el reborde del eje para despejar los sellos/las placas de protección.


Hydraulic Pump

Desmontaje

Desmontaje de rodamientos **254**
Qué recordar 254
Preparativos antes del desmontaje 254
Métodos de desmontaje adecuados 255
Desmontaje de un rodamiento montado sobre un asiento de eje cilíndrico 256
Desmontaje manual 256
Desmontaje con un extractor asistido hidráulicamente 257
Desmontaje mediante el método de inyección de aceite 258
Desmontaje con prensa 258
Desmontaje con calor 258
Desmontaje de un rodamiento montado sobre un asiento de eje cónico 259
Desmontaje manual 260
Desmontaje con un extractor asistido hidráulicamente 260
Desmontaje mediante el método de inyección de aceite 260
Desmontaje de un rodamiento montado sobre un manguito de fijación 260
Desmontaje manual: ejes lisos 262
Desmontaje manual: ejes escalonados . . 262
Desmontaje con una tuerca hidráulica . . 262
Desmontaje mediante el método de inyección de aceite 264
Desmontaje de un rodamiento montado sobre un manguito de desmontaje 264
Desmontaje manual 264
Desmontaje con una tuerca hidráulica . . 266
Desmontaje mediante el método de inyección de aceite 266
Desmontaje de un rodamiento de un soporte macizo 267
Desmontaje manual 267
Desmontaje mediante el método de inyección de aceite 268
Desmontaje con calor 269
Desmontaje de un rodamiento de un eje y un soporte macizo simultáneamente 269

Desmontaje de unidades de rodamientos **270**
Qué recordar 270
Preparativos antes del desmontaje 271
Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas con fijación con prisioneros 272
Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas con anillo de fijación excéntrico . . . 273
Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas montados sobre un manguito de fijación 274
Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas SKF ConCentra 275
Desmontaje de unidades de rodamientos de rodillos SKF ConCentra 276
Desmontaje de unidades de rodamientos de rodillos con anillo de fijación cilíndrico . . 276

Desmontaje de soportes de rodamientos **278**
Qué recordar 278
Preparativos antes del desmontaje 278
Desmontaje de soportes de pie de dos piezas 280
Desmontaje de soportes con pestañas 282

Extracción de sellos **284**
Extracción de sellos no rozantes 284
Extracción de sellos rozantes 284

Desmontaje de rodamientos

Qué recordar

Al desmontar, siempre existe la posibilidad de dañar un rodamiento que, de otro modo, sería bueno. Por lo tanto, siempre que sea posible, no se debe desmontar un rodamiento no dañado. Sin embargo, si no queda más remedio que hacerlo y tiene la intención de volver a utilizar el rodamiento después de desmontarlo, recuerde lo siguiente:

- No golpear directamente los aros del rodamiento ni ninguna otra pieza.
- Nunca permitir que la fuerza de desmontaje se transmita a través de los elementos rodantes.
- No calentar el rodamiento sobre llama directa.

Las herramientas y los métodos utilizados para desmontar los rodamientos a menudo dependen del tamaño del rodamiento. En general, los rodamientos se pueden clasificar en:

- rodamientos pequeños: diámetro del agujero $d \leq 80$ mm
- rodamientos medianos: diámetro del agujero $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- rodamientos grandes: diámetro del agujero $d \geq 200$ mm

Después de desmontar un rodamiento, hay que lavarlo con un disolvente de limpieza adecuado y secarlo cuidadosamente. Inspeccione para observar si hay desgaste o daños en todas las piezas del rodamiento, especialmente en los caminos de rodadura, en los elementos rodantes y en la jaula. Si el rodamiento puede reutilizarse, protegerlo contra la corrosión, cubriéndolo minuciosamente con grasa, aceite o un fluido anticorrosivo, y empacarlo otra vez.

Por lo general, no vale la pena limpiar los rodamientos pequeños sellados ni los rodamientos muy sucios o con incrustaciones de lubricante oxidado. En general, es más económico descartar el antiguo rodamiento y reemplazarlo por uno nuevo.

NOTA: Marcar la posición relativa del rodamiento en el soporte (o en el eje) (→ **fig. 1**) antes de desmontarlo. Cuando se vuelve a montar un rodamiento que no está dañado, el aro no giratorio se suele girar entre 120° y 180° para que una nueva parte del camino de rodadura esté en la zona de carga.

Las herramientas y productos de desmontaje están disponibles en Productos de mantenimiento SKF (→ **Anexo 0**, desde la **página 435**). El aceite de desmontaje SKF es el indicado para usar cuando se desmonta con herramientas asistidas hidráulicamente y cuando se utiliza el método de inyección de aceite. Para obtener información adicional, visite www.mapro.skf.com.

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) de SKF ofrece una amplia gama de cursos de capacitación en técnicas de desmontaje (→ *Capacitación*, desde la **página 326**). Comuníquese con su representante local de SKF para obtener información adicional, o visite www.skf.com/services.

Preparativos antes del desmontaje

Dedicar tiempo a la preparación puede facilitar el desmontaje. Si está(n) disponible(s), revisar el (los) plano(s) de montaje y estudiar la disposición de los rodamientos. A continuación, antes de iniciar cualquier trabajo, hay que tener en cuenta las siguientes directrices:

- Limpie minuciosamente la aplicación y la zona que la rodea.
- Tenga a mano recipientes adecuados para recuperar las muestras de lubricante y recoger el lubricante usado.
- Tenga a mano un disolvente de limpieza adecuado, p. ej., petróleo, querosén o una solución alcalina fuerte, para limpiar el eje, el soporte y el rodamiento si se va a reutilizar.

NOTA: Debido a consideraciones medioambientales, SKF no recomienda el uso de disolventes clorados de ningún tipo.

Métodos de desmontaje adecuados

SKF recomienda utilizar cualquiera de los siguientes métodos para desmontar los rodamientos:

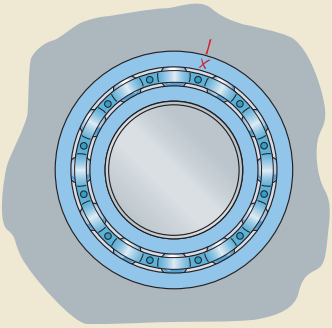
- desmontaje manual
- desmontaje con herramientas asistidas hidráulicamente
- desmontaje mediante el método de inyección de aceite SKF
- desmontaje con calor

El método utilizado depende en gran medida del tamaño y el tipo de rodamiento. Los rodamientos pequeños pueden extraerse de sus asientos con herramientas mecánicas. Los rodamientos más grandes requieren una fuerza mayor que la que puede suministrar una herramienta mecánica. SKF recomienda las herramientas con asistencia hidráulica o el método de inyección de aceite, o ambos.

Para desmontar los aros interiores de los rodamientos de agujas o de los rodamientos de rodillos cilíndricos de diseño NU, NJ y NUP, pueden utilizarse aros de calentamiento o calentadores de inducción especiales. Sin embargo, el uso de calor para desmontar otros tipos de rodamientos debe hacerse solo como último recurso.

Para utilizar el método de inyección de aceite, se presupone que se han diseñado el conducto de suministro de aceite y la ranura de distribución necesarios en la disposición del rodamiento (→ **Anexo G**, **página 405**).

Fig. 1



Desmontaje de un rodamiento montado sobre un asiento de eje cilíndrico

Desmontaje manual

Siempre que sea posible, apoye el eje en un tornillo de banco adecuado (→ **fig. 2**) para evitar dañar el eje o el rodamiento durante el proceso de desmontaje.

Los rodamientos pequeños pueden extraerse del eje con un extractor mecánico. Las garras se deben aplicar en el aro interior o en un componente adyacente, p. ej., un laberinto (→ **fig. 3**).

Si no se pueden aplicar las garras al aro interior o a un componente adyacente adecuado, retire el rodamiento a través del aro exterior. Para evitar daños durante el desmontaje, SKF recomienda girar el aro exterior mientras se desmonta el rodamiento (→ **fig. 4**). Sin embargo, cuando se utiliza esta técnica, SKF no recomienda reutilizar el rodamiento.

Fig. 2

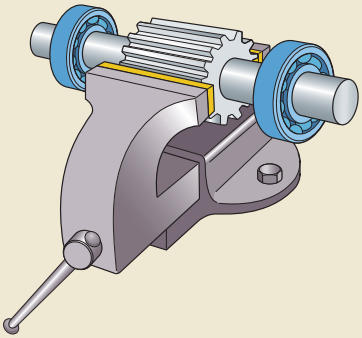


Fig. 3

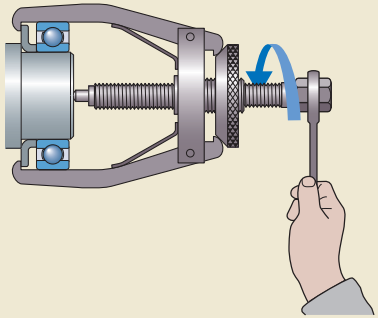
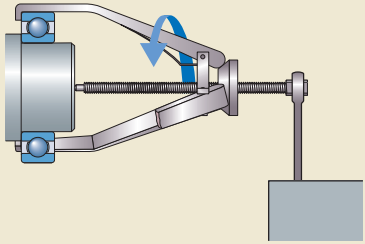
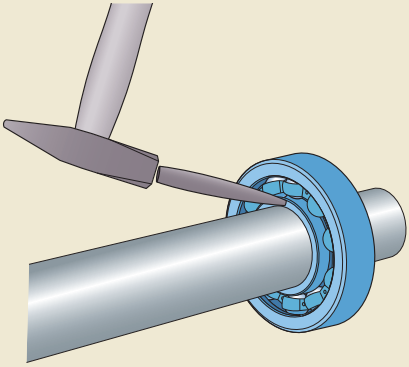


Fig. 4



Si no hay un extractor adecuado disponible, se puede utilizar un martillo y un punzón de metal blando o una herramienta similar, para retirar el rodamiento de su asiento. Se deben aplicar golpes ligeros con un martillo de manera uniforme alrededor de toda la cara lateral del aro interior (→ **fig. 5**). Hay que tener cuidado al utilizar esta técnica, ya que es muy fácil dañar el eje. Además, SKF no recomienda reutilizar el rodamiento, ya que durante el proceso de desmontaje se pueden producir daños indetectables en el rodamiento.

Fig. 5

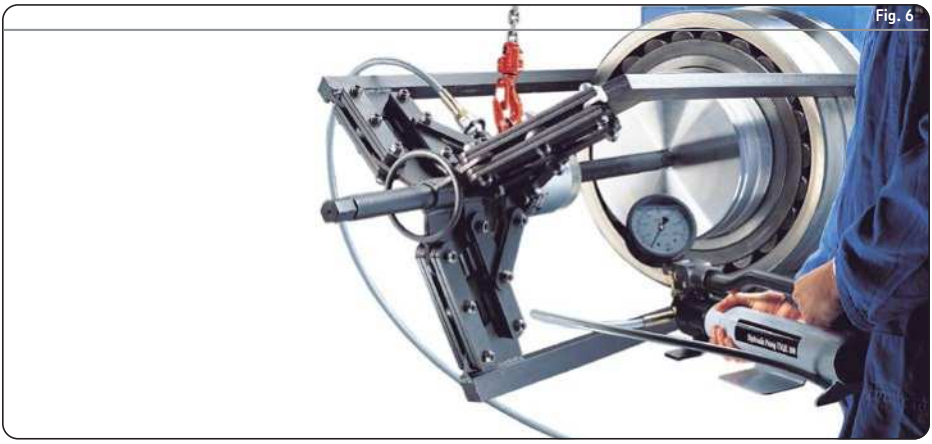


Desmontaje con un extractor asistido hidráulicamente

La fuerza para desmontar los rodamientos montados con un ajuste de interferencia en el eje aumenta rápidamente en función del tamaño del rodamiento. Por lo tanto, SKF recomienda utilizar un extractor para cargas pesadas asistido hidráulicamente (→ **fig. 6**) cuando se desmontan rodamientos grandes. Por lo general, estos extractores están disponibles para rodamientos con un diámetro exterior de hasta 500 mm. Al utilizarlos, siga las instrucciones suministradas con el extractor.

SKF ofrece también conjuntos de extractores asistidos hidráulicamente que se pueden utilizar para desmontar rodamientos pequeños y medianos.

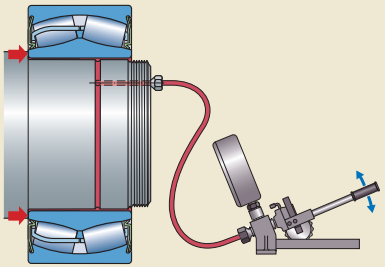
Fig. 6



Desmontaje mediante el método de inyección de aceite SKF

El método de inyección de aceite puede utilizarse para desmontar rodamientos con un agujero cilíndrico. Este método inyecta aceite a alta presión, con una viscosidad de unos 900 mm²/s a 20 °C *(70 °F)*, entre el asiento del eje y el agujero del aro interior, hasta que una película de aceite separa por completo las superficies de contacto (→ **fig. 7**). Si el rodamiento se retira rápidamente y sin interrupciones, la fuerza necesaria para el desmontaje es relativamente pequeña.

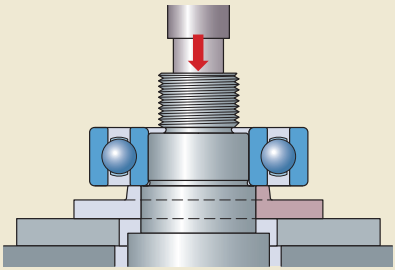
Fig. 7



Desmontaje con prensa

Una manera muy conveniente de retirar un rodamiento de su asiento de eje es con una prensa colocada contra el extremo del eje. En este caso, el aro interior del rodamiento tiene que estar apoyado (→ **fig. 8**).

Fig. 8



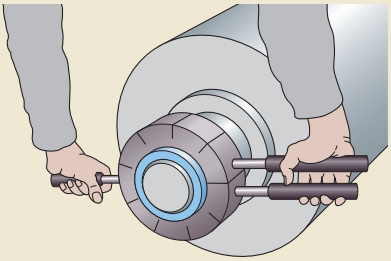
Desmontaje con calor

El desmontaje con calor es un método adecuado para retirar los aros interiores de los rodamientos de agujas o de los rodamientos de rodillos cilíndricos de los diseños NU, NJ y NUP. Para este fin, se utilizan comúnmente dos herramientas diferentes: aros de calentamiento y calentadores de inducción.

Los aros de calentamiento se usan, generalmente, para montar y desmontar los aros interiores de los rodamientos pequeños y medianos que tengan el mismo tamaño.

Los aros de calentamiento están fabricados con aleación ligera. Están ranurados radialmente y cuentan con mangos aislados (→ **fig. 9**). El procedimiento de desmontaje es sencillo. Recubra el camino de rodadura del aro interior del rodamiento con un aceite resistente a la oxidación. Coloque el aro de calentamiento en una placa de calentamiento y caliéntelo a aproximadamente 280 °C *(540 °F)*. Coloque el aro de calentamiento alrededor del aro interior y presione los mangos para unirlos. El calor se transferirá rápidamente al aro interior. En cuanto el aro interior se afloje, retire tanto la herramienta como el aro interior. A continuación, retire el aro interior de la herramienta.

Fig. 9



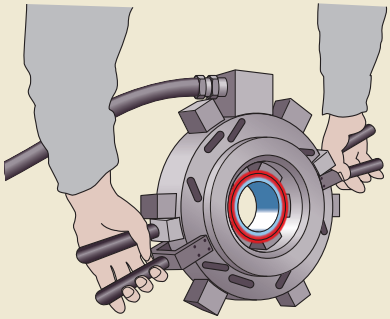
Si se desmontan con frecuencia aros interiores con diámetros diferentes, SKF recomienda usar un calentador de inducción ajustable SKF. Estos calentadores de inducción eléctricos (→ **fig. 10**) calientan el aro interior rápidamente sin calentar el eje en absoluto. Si el aro interior se va a reutilizar, debe desmagnetizarse después del desmontaje.

Para el desmontaje frecuente de los aros interiores de los rodamientos de rodillos cilíndricos medianos y grandes, como los rodamientos de cuello de rodillo en las laminadoras, SKF recomienda utilizar un calentador de inducción fijo SKF.

Los aros de calentamiento y los calentadores de inducción están disponibles en SKF. Para obtener información adicional, visite www.mapro.skf.com.

AVISO
Para evitar el riesgo de una lesión grave, fije un elemento, como una tuerca de fijación, en el extremo del eje para limitar el movimiento del rodamiento si se afloja de repente.

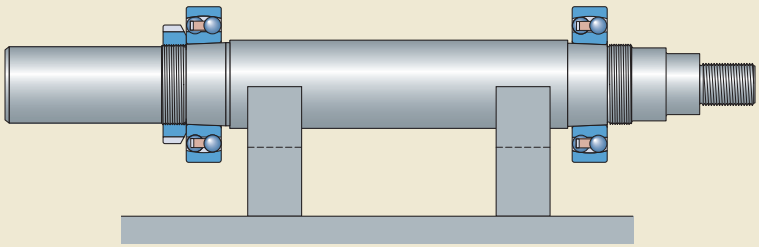
Fig. 10



Desmontaje de un rodamiento montado sobre un asiento de eje cónico

Para evitar dañar el eje o el rodamiento durante este proceso de desmontaje, hay que apoyar adecuadamente el eje. Para ello, se debe utilizar un tornillo de banco adecuado, dos bloques en V (→ **fig. 11**) o un dispositivo de elevación.

Fig. 11



Desmontaje manual

Los rodamientos pequeños se pueden desmontar usando un extractor mecánico que acople el aro interior. Se deben utilizar extractores con sistema de autocentrado equipados con brazos accionados mediante muelles a fin de simplificar el procedimiento y evitar el daño al asiento del rodamiento.

Si no se pueden aplicar las garras del extractor al aro interior, se debe retirar el rodamiento a través del aro exterior o usar un extractor en combinación con una placa extractora (→ **fig. 12**).

Desmontaje con un extractor asistido hidráulicamente

Los rodamientos más grandes suelen requerir una fuerza considerable y deben extraerse de su asiento cónico con la ayuda de extractores asistidos hidráulicamente (→ **fig. 6**, **página 256**). Por lo general, estos están disponibles para rodamientos con un diámetro exterior de hasta 500 mm.

Desmontaje mediante el método de inyección de aceite SKF

Desmontar los rodamientos medianos y grandes de los ejes cónicos es más sencillo y mucho más seguro cuando se utiliza el método de inyección de aceite. Con este método, se inyecta aceite con una viscosidad de unos 900 mm²/s a 20 °C (*70 °F*) a alta presión entre las dos superficies de contacto cónicas, a través de un conducto de suministro y una ranura de distribución. De este modo, se reduce de manera significativa la fricción entre las dos superficies y se genera una fuerza axial que separa el rodamiento de su asiento (→ **fig. 13**).

AVISO

Para evitar el riesgo de una lesión grave, fije un elemento, como una tuerca de fijación, en el extremo del eje para limitar el movimiento del rodamiento si se afloja de repente.

Desmontaje de un rodamiento montado sobre un manguito de fijación

El método utilizado para desmontar un rodamiento montado sobre un manguito de fijación depende de lo siguiente:

- el tamaño del rodamiento
- el tipo de disposición: eje liso o escalonado (→ **fig. 14**)
- el diseño del manguito de fijación: con o sin conductos de suministro de aceite y ranuras de distribución para la inyección de aceite (→ **fig. 15**)

Fig. 12

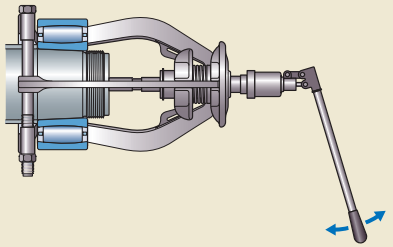


Fig. 13

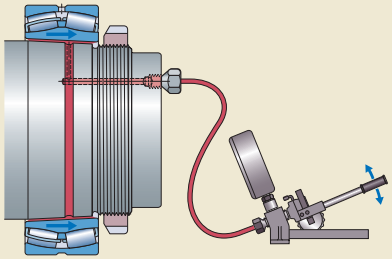


Fig. 14

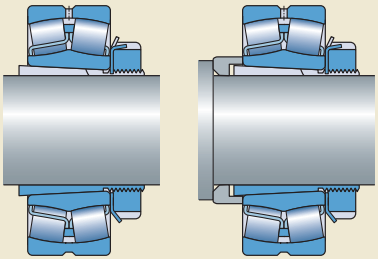
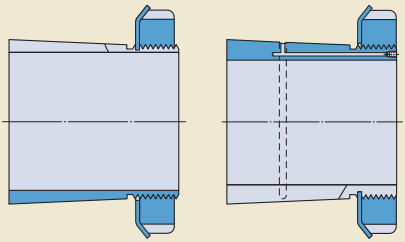


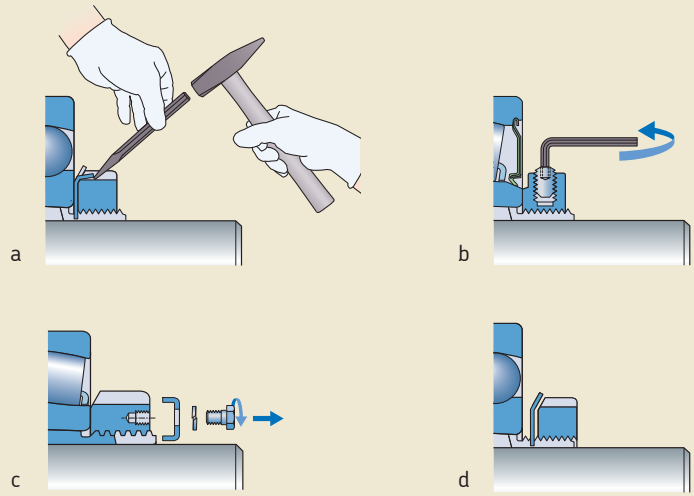
Fig. 15



En todos los casos, el desmontaje comienza de la siguiente manera (→ **fig. 16**):

- Retire el exceso de lubricante y limpie la disposición.
- Según el dispositivo de fijación:
  - Desenganche la lengüeta doblada de la arandela de fijación de la tuerca de fijación (**a**).
  - Afloje el tornillo de fijación de la tuerca de fijación (**b**).
  - Retire el seguro de fijación unido a la tuerca de fijación (**c**).
  - Afloje la tuerca de fijación unas cuantas vueltas (**d**).

Fig. 16



Desmontaje manual: ejes lisos

Los rodamientos pequeños montados sobre un manguito de fijación y un eje plano se pueden desmontar dando golpes ligeros en un pequeño bloque de acero con un martillo adecuado de manera uniforme alrededor de la cara lateral del aro interior del rodamiento (→ **fig. 17**). Antes de eso, la tuerca de fijación del manguito debe aflojarse unas cuantas vueltas. Además, para facilitar el nuevo montaje, marque la posición del manguito en el eje. Después de liberar el rodamiento, retire completamente la tuerca de fijación, la arandela de fijación, el rodamiento y el manguito del eje. Para facilitar la extracción, dilate el manguito levemente mediante la inserción de una cuña de plástico pequeña o un destornillador en la ranura del manguito.

NOTA: El bloque de acero que se muestra en la **fig. 18** es un segmento de un aro torneado y puede fabricarse fácilmente utilizando las dimensiones que figuran en las tablas de productos, disponibles en línea, en www.skf.com/bearings.

Desmontaje manual: ejes escalonados

Los rodamientos pequeños montados sobre un manguito de fijación y un eje escalonado pueden desmontarse con un par de golpes fuertes de martillo aplicados a una dolla de montaje que haga tope con la tuerca de fijación del manguito de fijación (→ **fig. 19**). Después de liberar el rodamiento, retire por completo la tuerca de fijación, la arandela de fijación y el rodamiento, y retire el manguito y el aro del resalte del eje. Para facilitar la extracción, dilate el manguito levemente mediante la inserción de una cuña de plástico pequeña o un destornillador en la ranura del manguito.

NOTA: Utilice el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF para diámetros de eje ≤ 55 mm (→ **página 72**).

Desmontaje con una tuerca hidráulica

Utilizar una tuerca hidráulica para desmontar rodamientos montados sobre un manguito de fijación en un eje escalonado facilita la extracción del rodamiento. Sin embargo, para utilizar este método, se debe poder montar un tope adecuado para que el pistón de la tuerca hidráulica trabaje contra él (→ **fig. 20**). El tope puede ser una arandela o una placa atornillada al extremo del eje, o bien puede adoptar la forma de un aro de dos piezas encajado en una ranura del eje y sujetado por un aro de una pieza.

Coloque la tuerca hidráulica en el manguito de fijación con el pistón hacia fuera. Asegúrese de dejar un espacio entre el rodamiento y la tuerca que sea mayor que la distancia de calado axial inicial. Conecte la bomba hidráulica a la tuerca hidráulica. Al presurizar la tuerca hidráulica, el pistón empujará el manguito de fijación por debajo del aro del resalte hasta que el rodamiento se suelte.

Para vaciar la tuerca hidráulica, abra la válvula de descarga de aceite de la bomba hidráulica, y empuje el pistón hasta su posición original desenroscando la tuerca por la parte roscada del manguito. A continuación, desconecte la bomba hidráulica y retire el tope. Por último, desenrosque la tuerca del manguito y retire el rodamiento y el manguito del eje.

NOTA: Puede encontrar información detallada sobre las tuercas hidráulicas SKF en la sección *Herramientas hidráulicas*, desde la **página 73**. Se pueden encontrar instrucciones útiles en la sección *Método de inyección de aceite*, desde la **página 62**.

Fig. 17

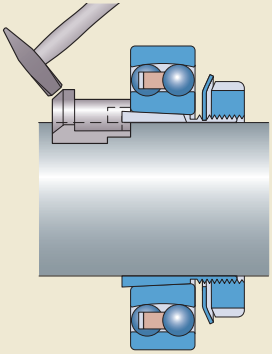


Fig. 18

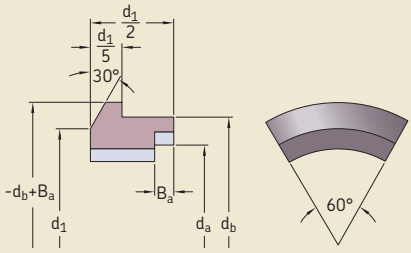


Fig. 19

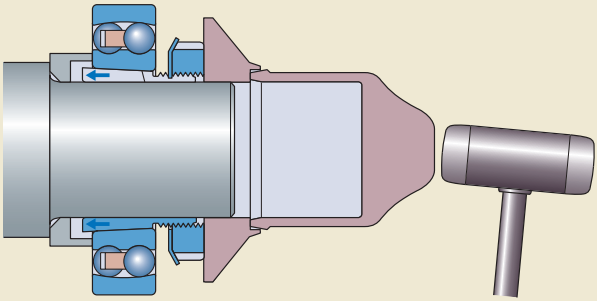
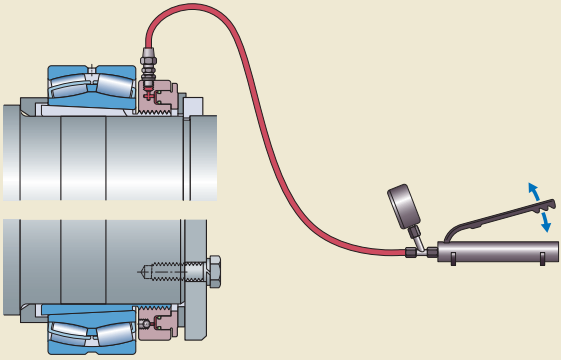


Fig. 20



Desmontaje mediante el método de inyección de aceite SKF

Los manguitos de fijación equipados con conducto de suministro de aceite y ranura de distribución de aceite, facilitan el desmontaje porque se puede utilizar el método de inyección de aceite (→ **fig. 21**). Esta es una característica estándar de todos los manguitos de fijación SKF con diámetro del agujero ≥ 200 mm, pero se puede ofrecer para manguitos con diámetros de agujero ≥ 140 mm.

En primer lugar, desenganche el mecanismo de fijación y afloje el tornillo de fijación unas cuantas vueltas. A continuación, limpie el agujero de conexión roscado en la cara lateral del manguito. Conecte la bomba hidráulica al manguito de fijación a través de un tubo de prolongación adecuado. Inyecte aceite con una viscosidad de unos 900 mm²/s a 20 °C *(70 °F)* a alta presión entre las dos superficies de contacto cónicas a través del conducto de suministro y la ranura de distribución del manguito. El rodamiento se desmontará repentinamente de su asiento. Después de desconectar la bomba hidráulica y el tubo de prolongación, retire la tuerca de fijación, la arandela de fijación, el rodamiento y el manguito de fijación del eje.

AVISO
Para evitar el riesgo de una lesión grave, fije un elemento, como una tuerca de fijación, en el extremo del eje para limitar el movimiento del rodamiento si se afloja de repente.

NOTA: La información detallada sobre el método de inyección de aceite y las instrucciones útiles de uso se encuentran en la sección *Método de inyección de aceite*, desde la **página 62**.

Desmontaje de un rodamiento montado sobre un manguito de desmontaje

El método utilizado para desmontar un rodamiento montado sobre un manguito de desmontaje depende de lo siguiente:

- el tamaño del rodamiento
- el diseño del manguito de desmontaje: con o sin conductos de suministro de aceite y ranuras de distribución para la inyección de aceite (→ **fig. 22**)

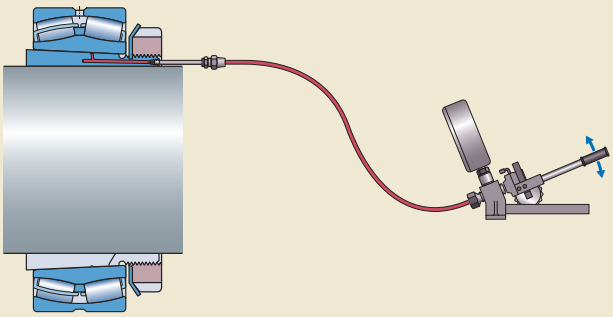
En cualquier caso, el desmontaje comienza de la siguiente manera (→ **fig. 23**):

- Retire el exceso de lubricante y limpie la disposición.
- Retire el dispositivo de fijación, p. ej., una tuerca y una arandela de fijación (**a**) o una placa de fijación (**b**).
- Apoye el rodamiento, por ejemplo, con un dispositivo de elevación (**c**).

Desmontaje manual

Los rodamientos pequeños y medianos montados sobre un manguito de desmontaje se pueden desmontar con una tuerca de fijación y una llave de gancho o de impacto (→ **fig. 24**).

Fig. 21



Antes de enroscar la tuerca de fijación en la rosca del manguito, lubrique la rosca y la parte de la tuerca de fijación que da al aro interior del rodamiento con una pasta de bisulfuro de molibdeno o una sustancia similar que reduzca la fricción. Apriete la tuerca de fijación hasta que se suelte el manguito de desmontaje. Por último, con el eje convenientemente apoyado, retire del eje el manguito y el rodamiento.

NOTA: Si la sección roscada del manguito sobresale más allá del extremo o del resalte del eje, se debe insertar un aro de apoyo con el mayor espesor de pared posible en el agujero del manguito, para prevenir que la rosca se deforme y se dañe cuando se aprieta la tuerca (→ **fig. 24**).

Fig. 22

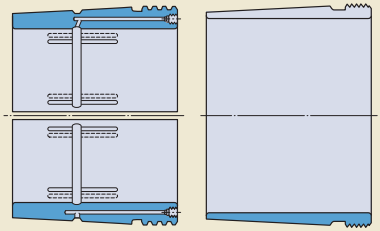


Fig. 24

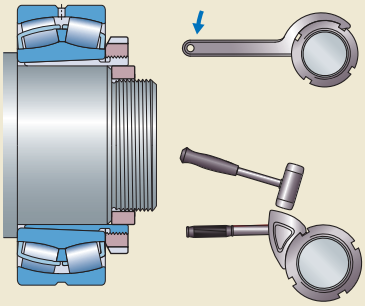
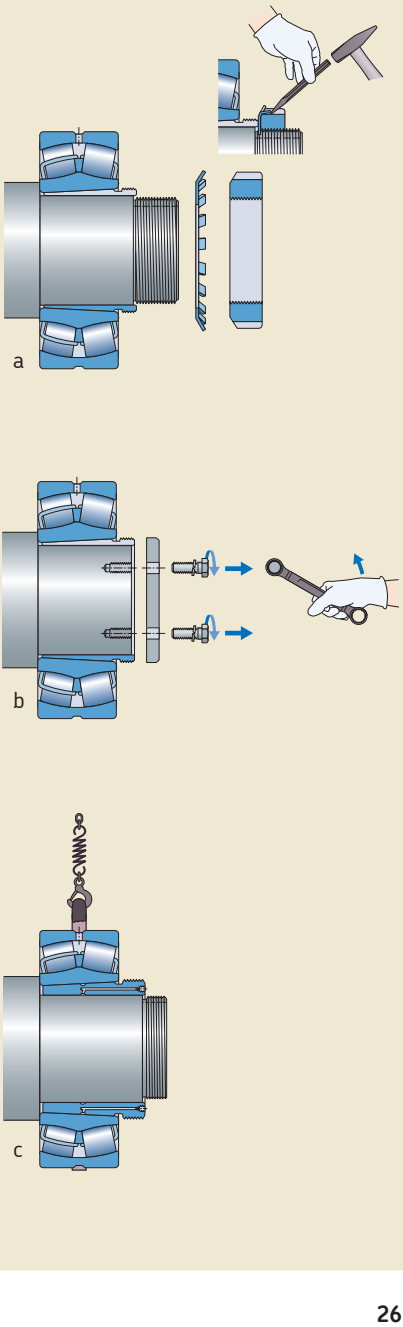


Fig. 23



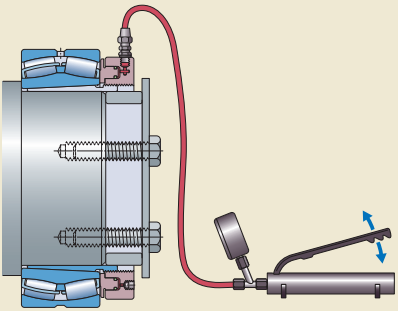
10

Desmontaje con una tuerca hidráulica

Los rodamientos medianos y grandes montados sobre un manguito de desmontaje se desmontan fácilmente con una tuerca hidráulica.

AVISO
Para evitar el riesgo de una lesión grave, fije un elemento, como una tuerca de fijación para placa de fijación, en el extremo del eje (→ **fig. 25**) para limitar el movimiento del manguito de fijación si se afloja de repente.

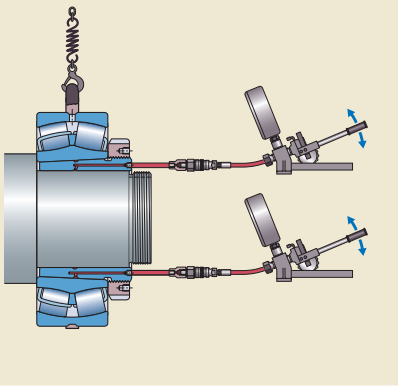
Fig. 25



Enrosque la tuerca hidráulica en la rosca del manguito de desmontaje con el pistón orientado hacia el rodamiento, hasta que el pistón haga tope con el aro interior. Conecte la bomba hidráulica a la tuerca hidráulica y suministre aceite hasta que el manguito se suelte. Una vez que el manguito se suelta, abra la válvula de descarga de aceite de la bomba hidráulica, de modo que el aceite presurizado pueda salir de la tuerca. Desconecte la bomba hidráulica y retire el tope. Retire por completo el manguito del eje y extraiga el rodamiento.

NOTA: Puede encontrar información detallada sobre las tuercas hidráulicas SKF en la sección *Herramientas hidráulicas*, en la **página 73**. Se pueden encontrar instrucciones útiles para su uso en la sección *Método de inyección de aceite*, desde la **página 62**.

Fig. 26



Desmontaje mediante el método de inyección de aceite SKF

Los manguitos de desmontaje con un diámetro del agujero ≥ 200 mm se proporcionan, de forma estándar, con dos conductos de suministro de aceite y una ranura de distribución de aceite, tanto en el agujero como en la superficie exterior. Para usar el método de inyección de aceite, se necesitan dos bombas hidráulicas y tubos de prolongación adecuados (→ **fig. 26**).

Primero, limpie la rosca externa, así como los agujeros de conexión roscados en la cara lateral del manguito de desmontaje. Enrosque la tuerca de fijación en posición, y apriétela. Conecte al manguito ambas bombas hidráulicas, mediante los tubos de prolongación adecuados. Inyecte aceite con una viscosidad de unos 900 mm²/s a 20 °C (*70 °F*) a alta presión entre el manguito y el eje a través de un conducto, y entre el man-

guito y el agujero del rodamiento a través del otro. La presión de aceite entre las superficies de contacto se incrementará hasta que cae repentinamente, lo que indica que dichas superficies se han separado. Al apretar la tuerca de fijación, por ejemplo, con una llave de impacto, el manguito se soltará. Desconecte las bombas hidráulicas y retire completamente el manguito del eje por medio de la tuerca de fijación. Por último, retire el rodamiento.

NOTA: La información detallada sobre el método de inyección de aceite y el equipo adecuado se encuentra en la sección *Método de inyección de aceite*, desde la **página 62**.

Desmontaje de un rodamiento de un soporte macizo

La mayoría de los rodamientos tienen un ajuste flojo en el soporte y se deberían poder retirar fácilmente. Sin embargo, si la aplicación requiere un ajuste apretado del soporte o si se han producido daños en el rodamiento, como la corrosión por contacto, puede ser necesario extraer el rodamiento a la fuerza.

Desmontaje manual

Los rodamientos con un diámetro exterior de hasta 120 mm que están montados en un agujero del soporte sin resaltes pueden extraerse con una dolla de montaje colocada contra el aro exterior del rodamiento, y un martillo. Para ello, hay que utilizar el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF (→ **página 72**). Los rodamientos más grandes requieren una mayor fuerza para su desmontaje y deben extraerse con una prensa.

Si un resalte integral detrás del rodamiento en el agujero del soporte no permite el uso de una dolla de montaje o una prensa, utilizar un martillo y un punzón de metal blando para sacar el rodamiento del soporte. Los golpes ligeros con el martillo deben aplicarse uniformemente alrededor de toda la cara lateral del aro exterior (→ **fig. 27**). Hay que tener cuidado al aplicar este método porque es muy fácil dañar el rodamiento y el agujero del soporte.

Los resaltes del soporte que tienen agujeros roscados (→ **fig. 28**) o ranuras (→ **fig. 29**) permiten utilizar tornillos, un extractor de rodamientos o un martillo y un punzón para extraer el rodamiento del soporte.

Fig. 27

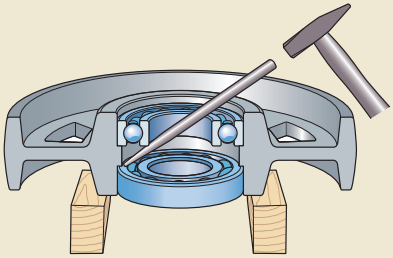


Fig. 28

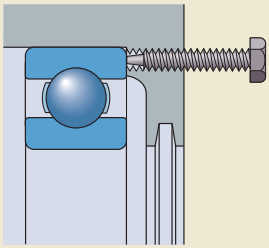
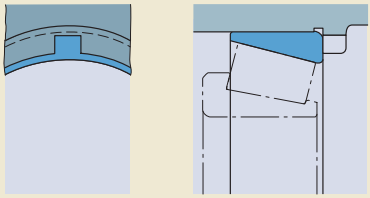


Fig. 29



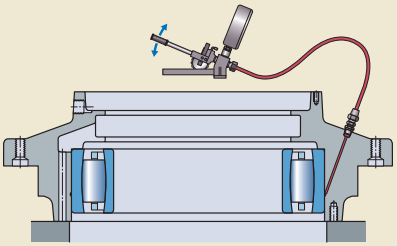
Los rodamientos pequeños con un diámetro del agujero que vaya de 7 a 60 mm y que estén montados en un soporte pueden extraerse de un agujero del soporte utilizando un extractor interno con un martillo deslizante, como el kit de extracción de rodamientos internos SKF (→ **fig. 30**).

Para ello, basta con colocar las mordazas del extractor adecuado a través del agujero del rodamiento, apretando el mecanismo de muelle para cerrar los brazos del extractor (**a**). Al soltar el mecanismo de muelle, el extractor agarra firmemente el resalte del aro interior (**b**). El rodamiento puede extraerse del agujero del soporte mediante golpes repetidos en el anillo de tope con el martillo deslizante (**c**).

Desmontaje mediante el método de inyección de aceite SKF

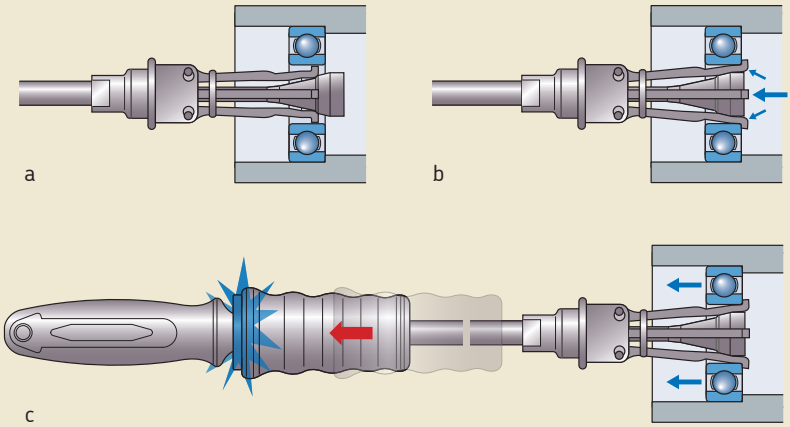
El método de inyección de aceite se puede seguir utilizando aunque el conducto de suministro de aceite necesario y la ranura de distribución estén diseñados en el soporte y el rodamiento no tenga una característica de relubricación en el aro exterior. Este método reduce sustancialmente la cantidad de fuerza necesaria para retirar los rodamientos más grandes (→ **fig. 31**).

Fig. 31



NOTA: La información detallada sobre el método de inyección de aceite se encuentra en la sección *Método de inyección de aceite*, desde la **página 62**.

Fig. 30



Desmontaje con calor

Calentar un soporte para extraer el rodamiento utilizando, por ejemplo, una alfombra de calentamiento (→ **fig. 32**), no es muy habitual y debería hacerse solo como último recurso.

PRECAUCIÓN: No utilice nunca un soplete u otra llama para calentar el soporte.

Desmontaje de un rodamiento de un eje y un soporte macizo simultáneamente

Para desmontar los rodamientos rígidos de bolas pequeños de un eje y de un soporte macizo simultáneamente, se han diseñado extractores especiales.

La **fig. 33** muestra un extractor diseñado para rodamientos con un diámetro del agujero de entre 10 y 100 mm. Los brazos del extractor se colocan entre las bolas y agarran el camino de rodadura del aro interior, mientras se apoyan en el aro exterior.

La **fig. 34** muestra un extractor diseñado para rodamientos con un diámetro del agujero de 30 a 160 mm. Para aplicar el extractor, es necesario retirar primero la jaula del rodamiento. Los brazos del extractor tienen forma de bola con dos caras planas en el extremo. Se colocan entre las bolas y agarran los caminos de rodadura del aro interior y exterior.

Para obtener información adicional sobre los kits de extracción de rodamientos internos, visite www.mapro.skf.com.

Fig. 32

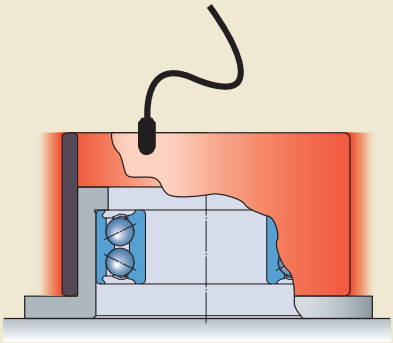


Fig. 33

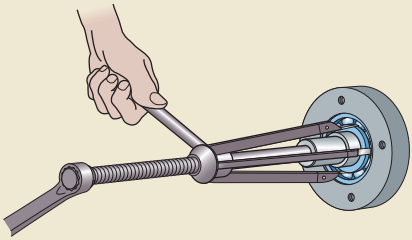
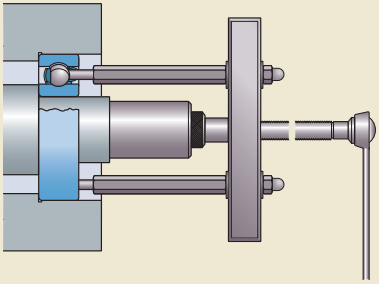


Fig. 34



Desmontaje de unidades de rodamientos

Qué recordar

Las unidades de rodamientos SKF (→ **fig. 35**) están disponibles como unidades con soportes de pie, unidades con pestañas y soportes tensores. Según el tamaño y el tipo de rodamiento, pueden fijarse en el eje utilizando cualquiera de los siguientes métodos (→ **fig. 36**):

- fijación con prisioneros (**a**)
- anillo de fijación excéntrico con un solo prisionero (**b**)
- fijación con manguito de fijación (**c**)
- Mecanismo de fijación SKF ConCentra (**d**, **e**)
- anillo de fijación excéntrico con dos prisioneros (**f**)

Por consiguiente, el procedimiento de desmontaje y las herramientas apropiadas para esa tarea pueden variar. Las herramientas apropiadas incluyen:

- una llave o llave hexagonal para aflojar los tornillos, pernos o tuercas de fijación
- una llave hexagonal para aflojar los prisioneros en el aro interior o en el anillo de fijación como se especifica en la **tabla 3**, **página 102** en el capítulo *Montaje de unidades de rodamientos*
- una llave de gancho para aflojar la tuerca de fijación del manguito de fijación como se especifica en la **tabla 4**, **página 103** en el capítulo *Montaje de unidades de rodamientos*

En algunos casos, puede ser necesario un martillo de poliuretano.

Las llaves de gancho y los martillos de poliuretano forman parte de la amplia gama de productos de mantenimiento de SKF. Puede encontrar información detallada en línea, en www.mapro.skf.com.

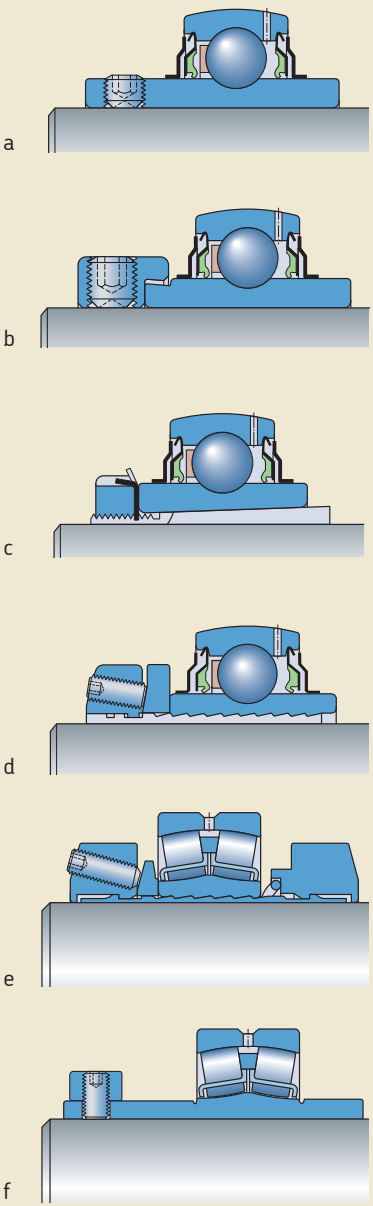
Una vez que se ha desmontado la unidad de rodamiento, comprobar si se puede reutilizar. Para ello, limpie la superficie exterior de la unidad, con cuidado para no dañar los sellos ni permitir que entre disolvente de limpieza en la cavidad del rodamiento. Gire el rodamiento lentamente para detectar cualquier daño. Si procede, relubrique la unidad lentamente a través de la boquilla engrasadora mientras gira el aro interior. Si se determina que la unidad puede reutilizarse, recubra cualquier superficie no tratada con grasa, aceite o líquido anticorrosivo para evitar la corrosión.

Fig. 35



NOTA: Por lo general, no vale la pena limpiar los rodamientos pequeños que estén muy sucios. En general, es más económico descartar el rodamiento y reemplazarlo por uno nuevo.

Fig. 36



AVISO
Para reducir al mínimo la posibilidad de que se produzcan lesiones graves, antes de comenzar cualquier trabajo, realice los procedimientos de bloqueo y etiquetado requeridos.

Preparativos antes del desmontaje

Dedicar tiempo a la preparación puede facilitar el desmontaje. Si está(n) disponible(s), revisar el (los) plano(s) de montaje y estudiar la disposición de la unidad de rodamientos. A continuación, antes de iniciar cualquier trabajo, haga lo siguiente:

- Desconecte el suministro de energía de la aplicación.
- Limpie a fondo la unidad de rodamiento y la zona que la rodea.
- Limpie el eje.
- Compruebe el método de fijación y elija las herramientas adecuadas para desmontar las unidades de rodamiento.
- Compruebe si hay daños que puedan impedir que la unidad se deslice fuera del eje y repárelos.
- Apoye el eje para liberar cualquier carga sobre el rodamiento.

Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas con fijación con prisioneros

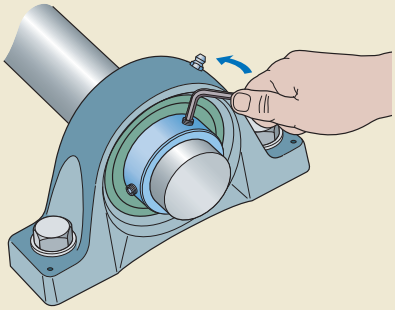
Al desmontar las unidades de rodamientos de bolas con fijación con prisioneros (→ **fig. 37**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, desde la **página 270**, y haga lo siguiente:

1 Afloje los prisioneros en el aro interior de ambas unidades, al menos una vuelta completa (→ **fig. 38**).
2 Desenrosque y retire los tornillos de fijación.
  – En el caso de los soportes tensores, desconecte el tornillo de fijación en el orificio moldeado de ambas unidades.
3 Retire las unidades del eje.
  – En el caso de los soportes tensores, extraiga el conjunto completo de eje/unidades de los marcos tensores y retire las unidades del eje.
  – En el caso de los soportes de pie de acero prensado, retire las tapas de los soportes, levante el eje y retire los rodamientos del eje.
  – En el caso de las unidades con pestaña de acero prensado, retire la primera tapa del soporte y deslice el rodamiento fuera del eje. A continuación, repita la operación en el otro lado.

Fig. 37



Fig. 38



Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas con anillo de fijación excéntrico

Al desmontar las unidades de rodamientos de bolas con un anillo de fijación excéntrico (→ **fig. 39**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, desde la **página 270**, y haga lo siguiente (→ **fig. 40**):

1 Afloje el prisionero del anillo de fijación excéntrico de ambas unidades, al menos una vuelta completa (**a**).
2 Afloje el anillo de fijación en el sentido de giro contrario. Para ello:
- Coloque un punzón en el orificio ciego de la circunferencia del anillo y golpéelo con un martillo.
- O utilice una llave de gancho con un perno que encaje en el orificio ciego de la circunferencia del anillo (**b**).

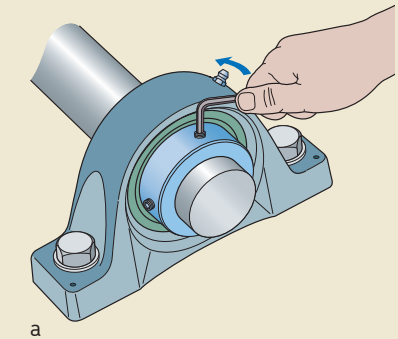
3 Retire el anillo de fijación excéntrico de ambas unidades del eje.
4 Desenrosque y retire los tornillos de fijación.
- En el caso de los soportes tensores, desconecte el tornillo de fijación en el orificio moldeado de ambas unidades.

5 Retire las unidades del eje.
- En el caso de los soportes tensores, extraiga el conjunto completo de eje/unidades de los marcos tensores y retire las unidades del eje.
- En el caso de los soportes de pie de acero prensado, retire las tapas de los soportes, levante el eje y retire los rodamientos del eje.
- En el caso de las unidades con pestaña de acero prensado, retire la primera tapa del soporte y deslice el rodamiento fuera del eje. A continuación, repita la operación en el otro lado.

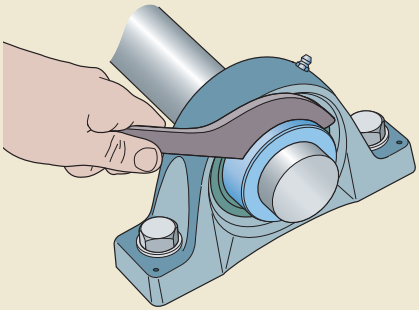
Fig. 39



Fig. 40



a



b

Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas montados sobre un manguito de fijación

Al desmontar una unidad de rodamiento de bolas con un manguito de fijación (→ **fig. 41**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, desde la **página 270**, y haga lo siguiente (→ **fig. 42**):

1 Desenganche la lengüeta doblada de la arandela de fijación de la ranura de la tuerca de fijación (**a**) y desenrosque la tuerca de fijación unas cuantas vueltas.
2 Afloje los tornillos o tuercas de fijación unas cuantas vueltas.
3 Las unidades con acceso al lado opuesto del dispositivo de fijación pueden separarse del manguito de fijación con un bloque de acero o un punzón y un martillo (**b**). Las unidades sin acceso al lado opuesto del dispositivo de fijación se pueden separar del manguito de fijación con un par de golpes fuertes de martillo aplicados a una dolla de montaje que haga tope con la tuerca de fijación del manguito de fijación (**c**).

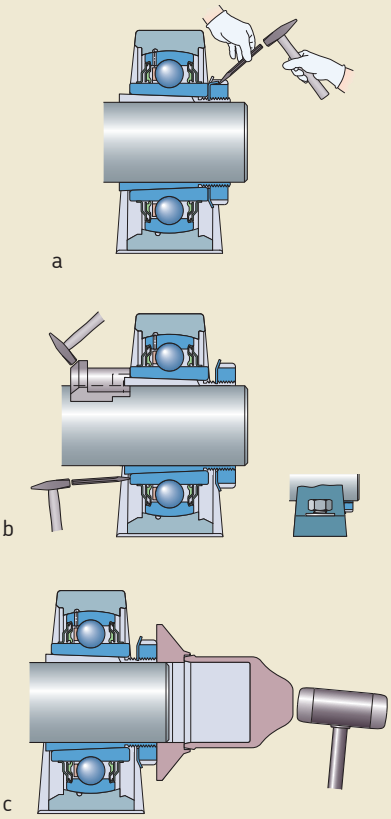
NOTA: Utilice el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF para diámetros de eje ≤ 55 mm (→ **página 72**).

4 Desenrosque la tuerca de fijación y retire la arandela de fijación de ambas unidades.
5 Retire los tornillos o tuercas de fijación y deslice las unidades fuera del manguito a lo largo del eje.
6 Retire el manguito de fijación del eje. Para facilitar la extracción, dilate el manguito levemente mediante la inserción de una cuña de plástico o un destornillador en la ranura del manguito.

Fig. 41



Fig. 42



Desmontaje de unidades de rodamientos de bolas SKF ConCentra

Antes de desmontar una unidad de rodamiento de bolas SKF ConCentra (→ **fig. 43**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, desde la **página 270,** y haga lo siguiente (→ **fig. 44**):

1 Afloje los prisioneros del aro de montaje de ambas unidades unas cuantas vueltas (**a**).
2 Afloje los tornillos o las tuercas de fijación de ambas unidades, pero no los retire.
3 Desplace el aro lateral de montaje hasta que el manguito escalonado SKF ConCentra se suelte:
   – golpeando el extremo del eje con un martillo (**b**)
   – golpeando una dolla de montaje colocada contra el aro de montaje (**c**)

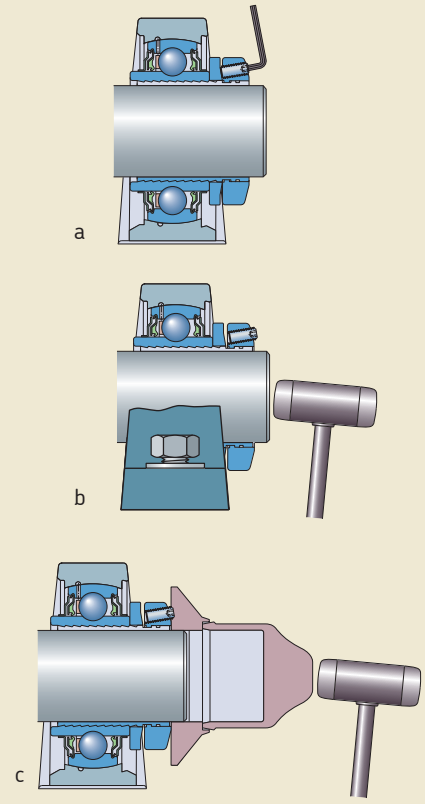
   NOTA: Utilice el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF para diámetros de eje ≤ 55 mm (→ **página 72**).

4 Retire los tornillos de fijación y retire las unidades del eje.

Fig. 43



Fig. 44



Desmontaje de unidades de rodamientos de rodillos SKF ConCentra

Al desmontar unidades de rodamientos de rodillos con un soporte de pie y fijación SKF ConCentra (→ **fig. 45**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, desde la **página 270**, y haga lo siguiente (→ **fig. 46**):

1 Afloje los tornillos de fijación y retírelos. De ser posible, levante primero toda la disposición de rodamientos, es decir, el eje y tanto las unidades de rodamientos como los componentes asociados, antes de desmontar las unidades de rodamientos (**a**).
2 Coloque un soporte debajo del eje.
3 Comience con la unidad de rodamiento fijo.
4 Afloje los prisioneros del anillo de montaje unas cuantas vueltas (**b**).
5 Sitúese frente al anillo de montaje y, mientras sujeta la base, tire de la unidad de rodamiento hasta que se suelte del eje (**c**). La energía del muelle ondulado precargado facilitará la liberación del eje. Pero, si es necesario, utilice un martillo de caucho para golpear el anillo del lado opuesto de la unidad (**d**).
6 Retire la unidad de rodamiento del eje.
7 Para desmontar la unidad de rodamiento libre, repita los **pasos 4** a **6**.

Fig. 45



Desmontaje de unidades de rodamientos de rodillos con anillo de fijación cilíndrico

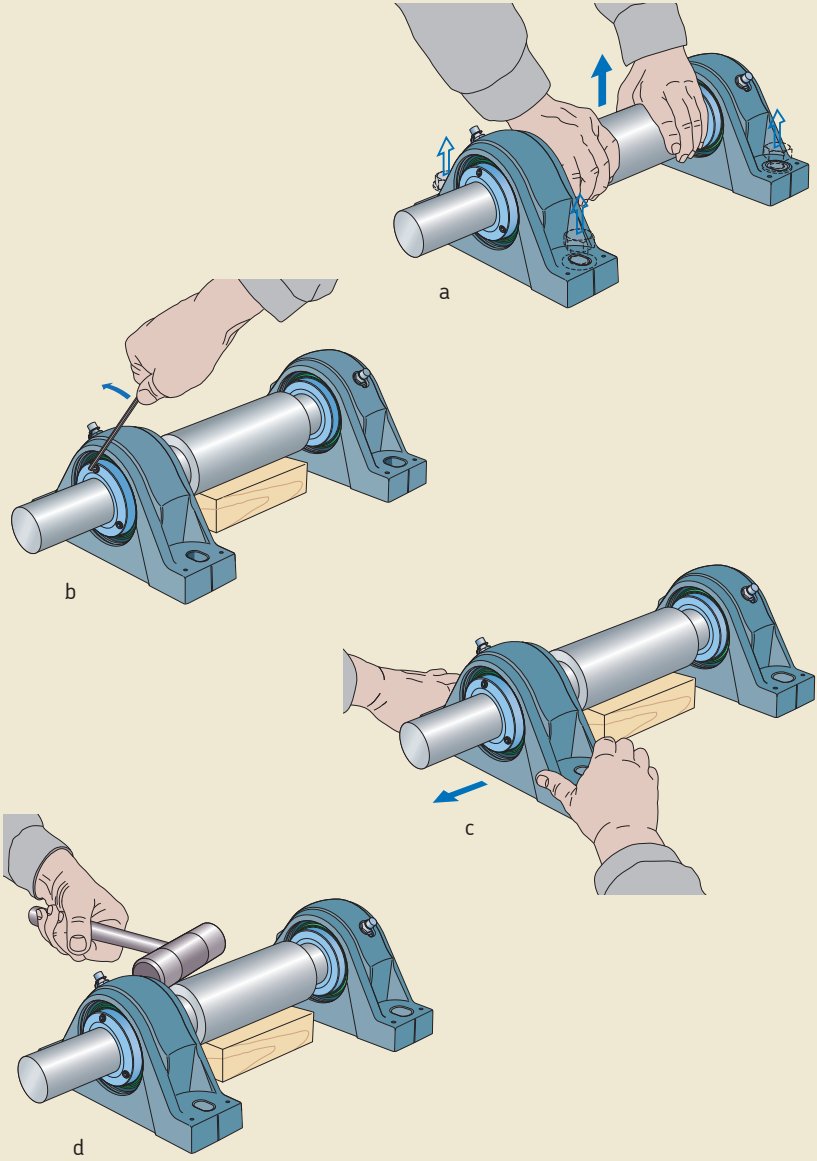
Al desmontar una unidad de rodamiento de rodillos con un anillo de fijación cilíndrico (→ **fig. 47**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, desde la **página 270**, y haga lo siguiente:

1 Afloje los dos prisioneros del anillo de fijación cilíndrico de ambas unidades unas cuantas vueltas.
2 Desenrosque y retire los tornillos de fijación.
– En el caso de los soportes tensores, desconecte el tornillo de fijación en el orificio moldeado de ambas unidades.
3 Retire las unidades del eje. Si es necesario, utilice un martillo de caucho y golpee ligeramente la unidad hasta que se suelte del eje.
– En el caso de los soportes tensores, extraiga el conjunto completo de eje/unidades de los marcos tensores y retire las unidades del eje.

Fig. 47



Fig. 46



Desmontaje de soportes de rodamientos

Los soportes de rodamientos, que se utilizan en diversas aplicaciones industriales, están disponibles en una amplia gama de diseños y tamaños. En esta sección, encontrará información sobre cómo desmontar y desarmar los soportes de pie y los soportes con pestañas más populares (→ **fig. 48**). Para obtener instrucciones de desmontaje de soportes que no se incluyen aquí, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Qué recordar

Si se va a reutilizar un soporte, desmóntelo siempre con cuidado, y tenga en cuenta lo siguiente:

- Mantener los componentes de cada soporte juntos. La base y la tapa de los soportes individuales no son intercambiables. La base y la tapa de los soportes SKF SNL, SONL y SAF llevan marcado un número de serie.
- Manipular todas las piezas metálicas de los soportes macizos con cuidado.
- No golpear el soporte directamente con un martillo.

AVISO
Para reducir al mínimo la posibilidad de que se produzcan lesiones graves, antes de comenzar cualquier trabajo, realice los procedimientos de bloqueo y etiquetado requeridos.

Preparativos antes del desmontaje

Dedicar tiempo a la preparación puede facilitar el desmontaje. Si está(n) disponible(s), revisar el (los) plano(s) de montaje y estudiar la disposición de los rodamientos. A continuación, antes de iniciar cualquier trabajo, haga lo siguiente:

- Desconecte el suministro de energía de la aplicación.
- Limpie a fondo el soporte y la zona que lo rodea.
- Apoye el eje con algo como un dispositivo de elevación.
- En el caso de los soportes de pie de dos piezas, asegúrese de que dispone de las herramientas adecuadas para levantar el eje de la(s) base(s) de los soportes (→ **fig. 49**).
- Tenga a mano recipientes adecuados para recuperar las muestras de lubricante y recoger el lubricante usado.

Compruebe que no haya grietas en los soportes antes de reutilizarlos. Si se considera que un soporte puede reutilizarse, aplique una capa de grasa o aceite a las superficies no pintadas para protegerlas de la corrosión.

Fig. 48

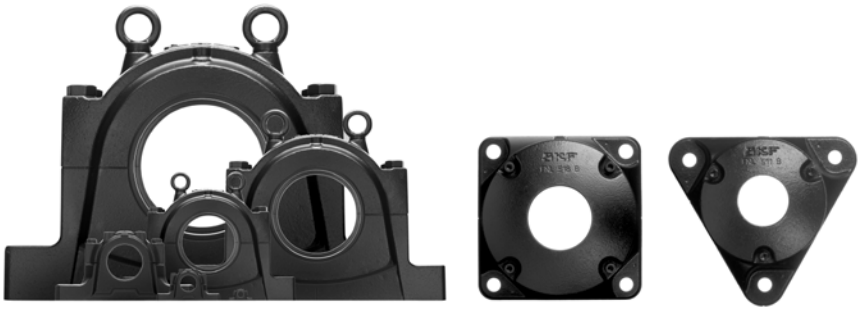
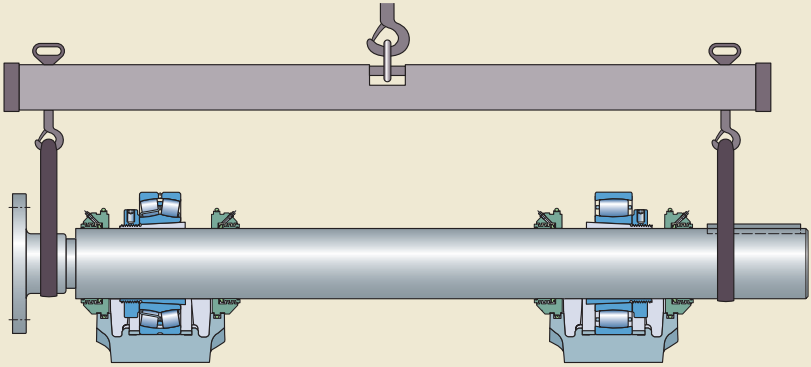


Fig. 49



Desmontaje de soportes de pie de dos piezas

Al desmontar un soporte de pie estándar (→ **fig. 50**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, en la **página 278,** y haga lo siguiente (→ **fig. 51**):

1 Retire las conexiones auxiliares del soporte, p. ej., los conductos de suministro de lubricante u otros dispositivos.
2 Afloje y retire los tornillos o tuercas de fijación de ambos soportes.

NOTA: Si es posible, eleve el conjunto completo (eje, soportes y demás componentes) a una zona limpia y abierta.

3 Afloje y retire los tornillos de la tapa de ambos soportes.
4 Retire las tapas del soporte (**a**).

NOTA: Todos los soportes SKF actuales están provistos de muescas en la base y la tapa para alojar un destornillador o una palanca.

5 Si corresponde, retire el exceso de grasa y los sellos partidos de las tapas del soporte (**b**).
6 Levante el conjunto del eje de las bases del soporte (**c**).
7 Retire las otras mitades del sello o la tapa lateral, y los anillos de fijación (estabilizadores), si corresponde (**d**).

PRECAUCIÓN: No reutilice los sellos rozantes.

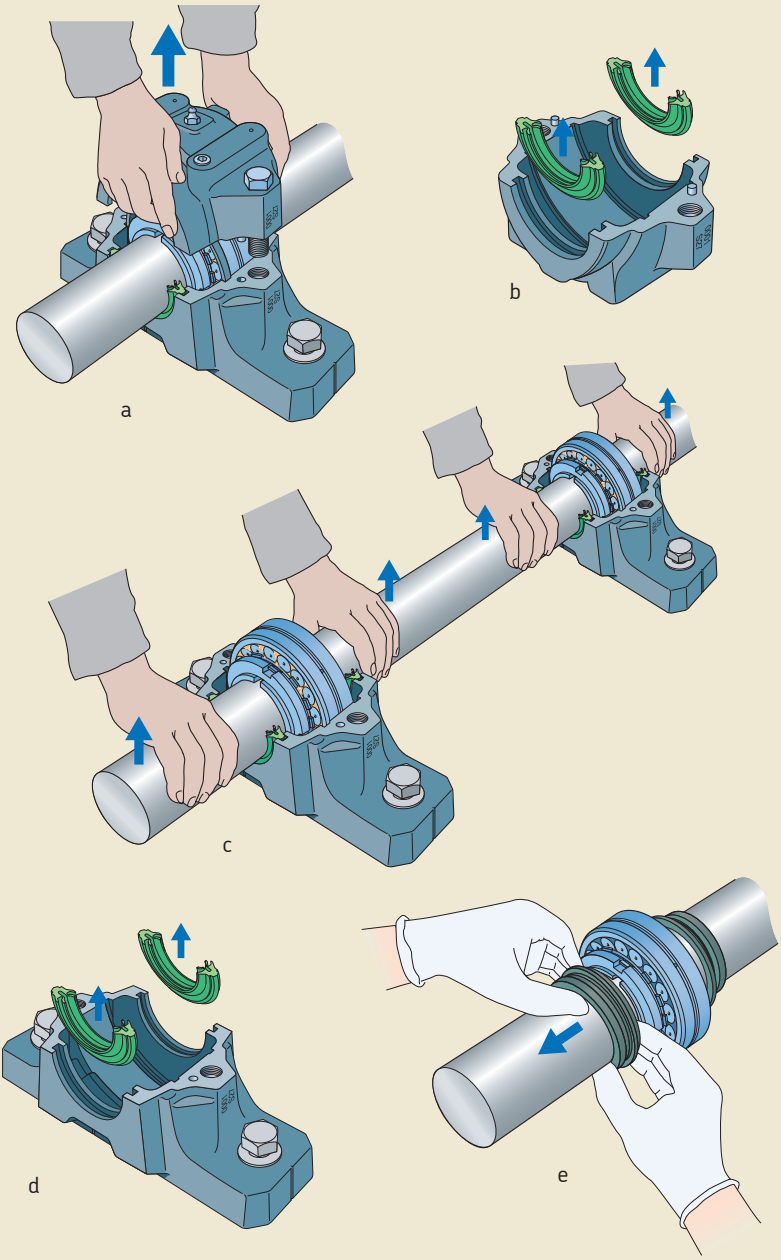
8 Retire el exceso de grasa de la base del soporte.
9 Retire los sellos sólidos del eje (**e**). Los anillos en V se pueden cortar.
10 Desmonte los rodamientos del eje.
11 Retire la segunda arandela o anillo de sellado del eje.

NOTA: Asegúrese de mantener juntos todos los componentes de cada soporte.

Fig. 50



Fig. 51



Desmontaje de soportes con pestañas

Al desmontar un soporte con pestañas estándar (→ **fig. 52**), lea atentamente las directrices proporcionadas en *Qué recordar*, en la **página 278,** y haga lo siguiente (→ **fig. 53**):

1 Afloje y retire los tornillos de las tapas de ambos soportes.
2 Retire la tapa y los anillos de fijación (estabilizadores), si los hay.
3 Retire el exceso de grasa de la tapa y del soporte para dejar al descubierto el dispositivo de fijación en el manguito de fijación.
4 Desenganche la lengüeta doblada de la arandela de fijación de la ranura de la tuerca de fijación y desenrósquela unas cuantas vueltas (**a**).
5 Afloje los tornillos o las tuercas de fijación, pero no los retire.
6 Separe el rodamiento del manguito de fijación
   – golpeando los extremos del eje con un martillo (**b**)
   – golpeando una dolla de montaje que haga tope con la tuerca de fijación (**c**)

   NOTA: Utilice el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF para diámetros de eje ≤ 55 mm (→ **página 72**).

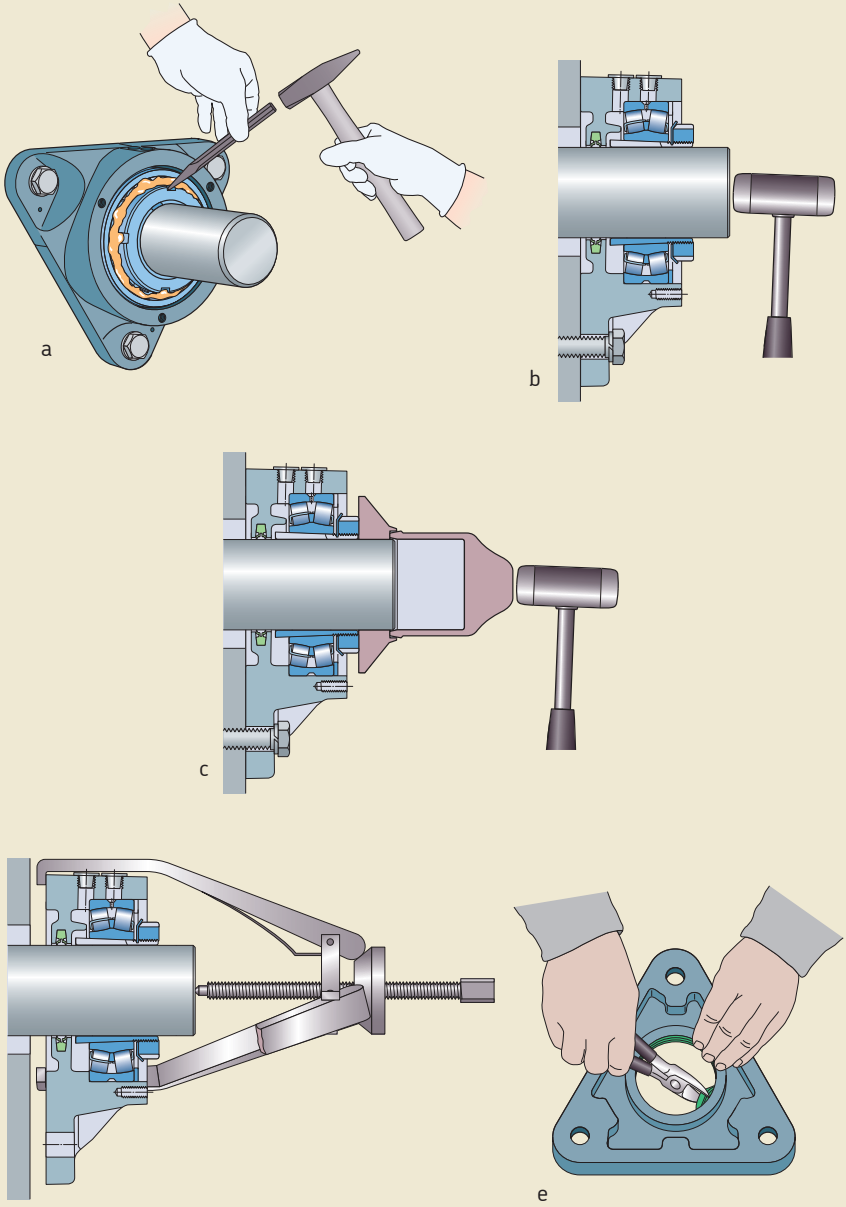
7 Desenrosque la tuerca de fijación y retire la arandela de fijación de ambos lados.
8 Retire los tornillos o las tuercas de fijación.
9 Separe el soporte de su superficie de apoyo y deslice el soporte, el rodamiento y el manguito de fijación fuera del eje.
10 Si se necesita más fuerza para liberar el rodamiento del eje, utilice un extractor (**d**).
11 Corte el sello de la ranura del sello (**e**).
12 Retire el exceso de grasa del soporte detrás del rodamiento.
13 Desmonte el rodamiento siguiendo las instrucciones que se indican en la sección *Desmontaje de un rodamiento de un soporte macizo*, desde la **página 267**.

   NOTA: Asegúrese de mantener juntos todos los componentes de cada soporte.

Fig. 52



Fig. 53



Extracción de sellos

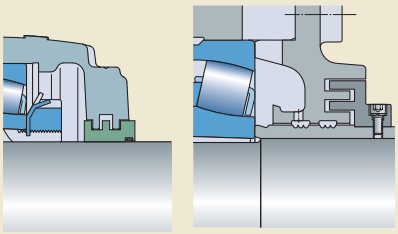
En general, existen dos tipos diferentes de sellos que protegen los rodamientos: los sellos no rozantes y los sellos rozantes.

Extracción de sellos no rozantes

Los sellos no rozantes (→ **fig. 54**) casi no generan fricción, lo que les permite durar mucho tiempo. En la mayoría de los casos, estos sellos son reutilizables. Por lo tanto, deben retirarse con mucho cuidado, con las herramientas adecuadas. Nunca golpee un sello no rozante con un martillo ni utilice un destornillador ni un punzón afilado durante el proceso de desmontaje.

Antes de retirar estos sellos, compruebe y repare cualquier daño en el eje que pueda dañar el sello al deslizarlo fuera del eje.

Fig. 54

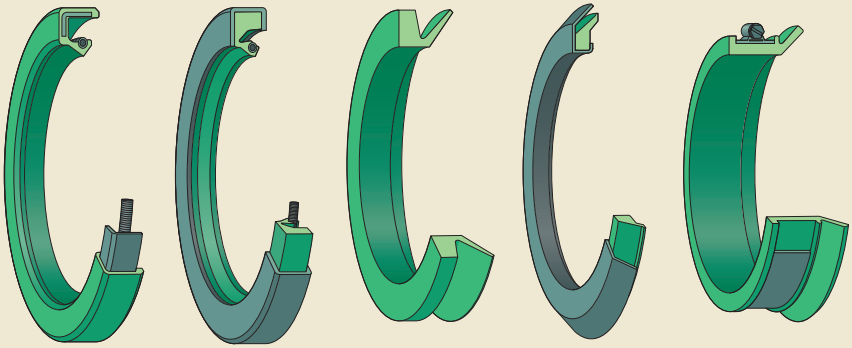


Extracción de sellos rozantes

Los sellos rozantes (→ **fig. 55**), que normalmente se fijan en un soporte y se deslizan sobre una superficie de contacto, como un eje o un anillo distanciador, con una fuerza radial definida, se desgastan con el tiempo. Por lo tanto, nunca se deben reutilizar.

Sin embargo, si se quiere analizar la causa de una falla en el sello, deben tratarse con cuidado durante su extracción.

Fig. 55



Los sellos radiales del eje pueden retirarse mediante:

- un martillo y un punzón, si el reborde del soporte tiene orificios de ventilación (→ **fig. 56**)
- un destornillador, si se puede acceder a la cara delantera o trasera del sello (→ **fig. 57**)
- unas tenazas para agarrar la bisagra o la carcasa del sello (→ **fig. 58**)
- una dolla de montaje, p. ej., el kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF (→ **página 59**)
- un gancho para agarrar la carcasa por detrás (→ **fig. 60**)

Fig. 58

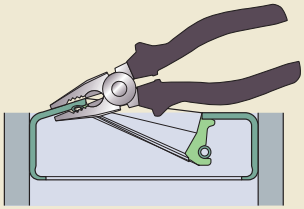


Fig. 56

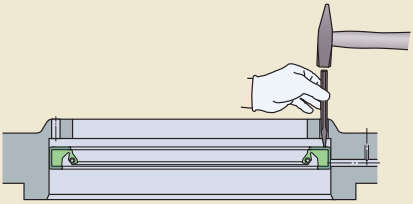


Fig. 59

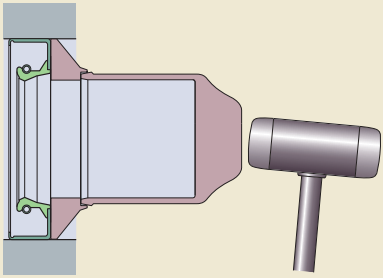


Fig. 57

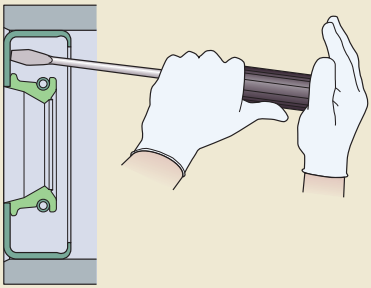
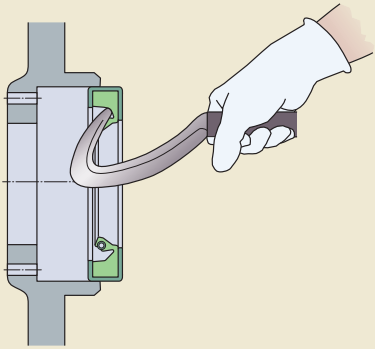


Fig. 60



Los sellos de anillos en V pueden retirarse de la siguiente manera:

- estirándolos sobre otros componentes (→ **fig. 61**)
- cortándolos con unas tijeras (→ **fig. 62**)

Los grandes sellos radiales del eje totalmente elastoméricos pueden retirarse de la siguiente manera:

- estirándolos o cortándolos con unas tijeras (→ **fig. 63**)
- desconectando el conector del muelle en los sellos partidos (→ **fig. 64**)

Fig. 62

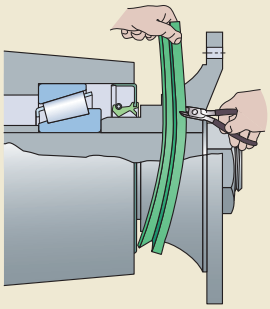


Fig. 63

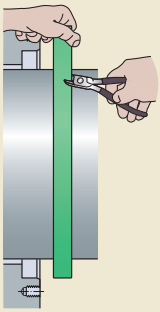


Fig. 61

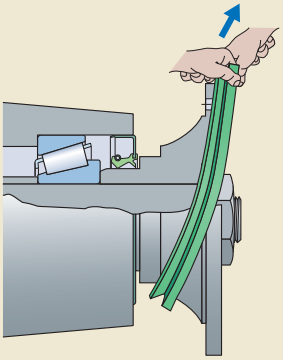
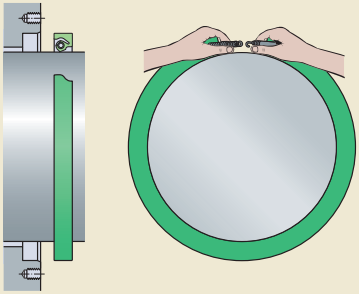


Fig. 64





Daños en los rodamientos y sus causas

Introducción **290**

Desmontaje **291**

Patrones de trayectoria **291**
Patrones resultantes de las condiciones normales de funcionamiento 292
Patrones resultantes de condiciones anormales de funcionamiento 296

Daños en los rodamientos **298**
Causas de daños previos al funcionamiento 300
- Ajustes incorrectos para ejes y soportes 300
- Daños y fallas debido a asientos defectuosos del eje o del soporte 302
- Desalineación estática 304
- Prácticas de montaje defectuosas 305
- Paso de un voltaje eléctrico excesivo a través del rodamiento 307
- Daños durante el transporte y almacenamiento 308

Causas de daños operativos 309
- Fatiga del material (iniciada bajo la superficie) 309
- Lubricación ineficaz 310
- Sellado ineficaz 314
- Vibración (vibrocorrosión) 319
- Desalineación operativa 320
- Paso de corriente eléctrica a través del rodamiento 321

Introducción

Los rodamientos son uno de los componentes más importantes de la maquinaria de alta tecnología actual. Cuando los rodamientos fallan, los tiempos de inactividad de la máquina pueden ser costosos. La selección del rodamiento adecuado para la aplicación es solo el primer paso hacia un rendimiento confiable del equipo. Los parámetros de funcionamiento de la máquina, como las cargas, las velocidades, la temperatura, la precisión de giro y los requisitos de funcionamiento, son necesarios para seleccionar el tipo y el tamaño de rodamiento más adecuado de entre toda la gama de productos disponibles.

La expectativa de vida útil calculada para cualquier rodamiento se basa en ocho supuestos:

1 El rodamiento es de alta calidad y no tiene defectos inherentes.
2 El rodamiento es el adecuado para la aplicación.
3 Las dimensiones de las piezas relacionadas con el rodamiento, como los asientos del eje y del soporte, son las adecuadas.
4 El rodamiento está montado correctamente.
5 El rodamiento dispone siempre del lubricante correcto, en la cantidad adecuada.
6 La disposición de rodamientos está debidamente protegida (sellada).
7 Las condiciones de funcionamiento se ajustan a la disposición de rodamientos.
8 Se realiza el mantenimiento recomendado.

Si se cumplen todas estas condiciones, el rodamiento debería alcanzar su vida útil calculada. Lamentablemente, esto es bastante hipotético. Con frecuencia ocurre algo que no permite unas condiciones de funcionamiento "ideales".

Un error común en el campo es suponer que si un rodamiento falló, fue porque no tenía suficiente capacidad de carga. Con este razonamiento, muchas personas realizan costosas adaptaciones para aumentar la capacidad de carga de los rodamientos y acaban teniendo más fallas en ellos.

Identificar la causa raíz de la falla del rodamiento es el primer paso para obtener un desempeño confiable del equipo. Una de las tareas más difíciles es identificar el modo de falla primario (causa raíz) y filtrar cualquier condición secundaria resultante del modo de falla primario.

El análisis de daños en los rodamientos permite conocer el funcionamiento del equipo y los daños en los rodamientos. Es necesario recopilar e interpretar correctamente las pruebas para establecer la causa raíz del problema. Para separar la información útil de los indicios falsos o engañosos, se requieren conocimientos, habilidades y experiencia. Por ello, SKF ofrece apoyo profesional para el análisis de daños.

Para obtener más información sobre el servicio de análisis de daños de SKF, comuníquese con su representante local o un distribuidor autorizado SKF.

Este capítulo del manual ofrece las herramientas necesarias para realizar una evaluación inicial de la causa del daño o la falla del rodamiento.

Desmontaje

Durante el desmontaje, SKF recomienda lo siguiente:

- Sacar fotografías. Esto podría resultar útil en su investigación posterior. Por ejemplo, no deje de fotografiar la posición, la cantidad y la condición de la grasa dentro y alrededor del rodamiento.
- Tome muestras de lubricante para analizarlas. En el caso de aplicaciones lubricadas con grasa, tome muestras de diferentes lugares.

NOTA: Consulte la sección *Desmontaje*, desde la **página 252**.

Patrones de trayectoria

Un rodamiento nuevo tiene un aspecto muy bonito (→ **fig. 1**). Sus componentes se han fabricado con dimensiones exactas, a menudo con una precisión de fracciones de micras. Las dimensiones se han comprobado muchas veces durante el proceso de fabricación. Las zonas que han sido rectificadas, como las superficies de los aros interiores y exteriores y los elementos rodantes, tienen un aspecto muy brillante.

Al examinar un rodamiento que ha funcionado durante algún tiempo, se pueden observar una serie de cambios, como por ejemplo:

- zonas opacas en los caminos de rodadura y elementos rodantes, a veces también muy brillantes (→ **fig. 2**)
- cambios de color en el agujero del aro interior y en el diámetro externo del aro exterior
- desgaste de la jaula
- corrosión por contacto en el agujero del aro interior o en el diámetro externo del aro exterior

Tanto si un rodamiento presenta un desgaste o daño menor, como si ha fallado, la inspección minuciosa puede proporcionar información sobre lo que le ha ocurrido al rodamiento durante su funcionamiento.

Durante la inspección, la clave es buscar "patrones". Un patrón puede ser "normal" o puede indicar un problema. El patrón que se encuentra puede identificar con bastante frecuencia la causa raíz de un problema.

En este capítulo, encontrará una serie de patrones comunes y típicos.

Fig. 1



Fig. 2



Patrones resultantes de las condiciones normales de funcionamiento

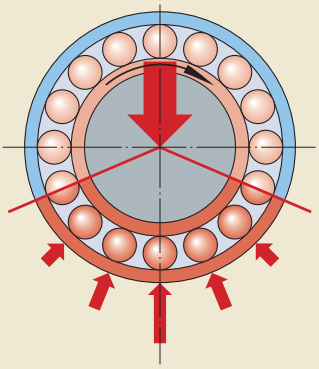
Las **figuras 3** y **4** ilustran cómo una carga radial unidireccional y constante aplicada en el aro interior giratorio de un rodamiento se distribuye al aro exterior fijo, a través de los elementos rodantes.

La flecha grande en la posición de las 12 en punto representa la carga aplicada y la serie de flechas pequeñas desde las 4 en punto hasta las 8 en punto representan cómo se reparte o soporta la carga a través de los elementos rodantes del rodamiento.

Al girar el aro interior, todos los puntos del aro entran en la zona de carga. Como resultado, toda la circunferencia del camino de rodadura del aro interior tendrá una banda en el centro cuyo ancho es uniforme. Esto se denomina zona de carga del aro interior que gira.

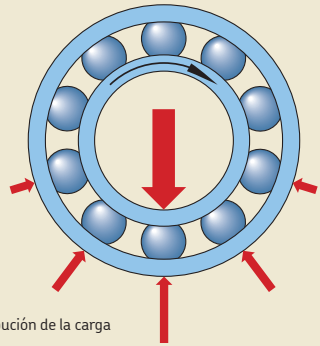
El aro exterior es fijo, por lo que la zona de carga se limita al lugar donde los elementos rodantes transmiten la carga. Esto se denomina zona de carga del aro exterior fijo. La distribución de la carga en la zona de carga del aro exterior varía. Es más pesada en el sentido de la carga y disminuye en cualquier sentido a partir de ese punto. En la mayoría de las aplicaciones, la zona de carga es de aproximadamente 150°.

Fig. 3

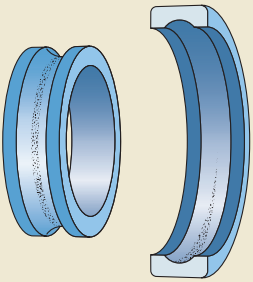


- Zona de carga (≈150°)
- Entra en la zona de carga durante el giro
- Juego en el rodamiento, zona de descarga
- Carga (eje) y distribución de la carga (soporte)

Fig. 4



Distribución de la carga



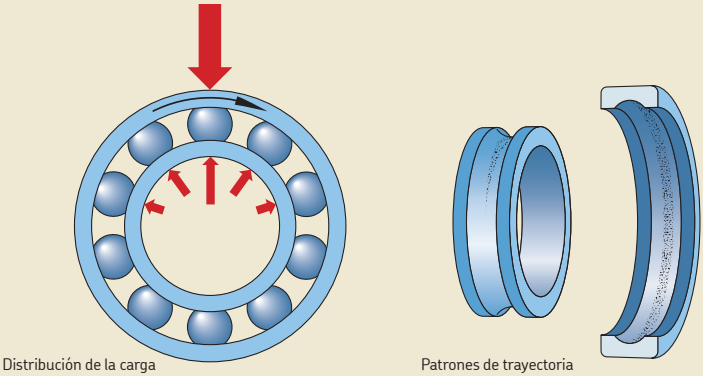
Patrones de trayectoria

La **fig. 5** ilustra cómo una carga radial unidireccional y constante aplicada en el aro exterior giratorio de un rodamiento se distribuye al aro interior fijo a través de los elementos rodantes.

Al girar el aro exterior, todos los puntos de ese aro entran en la zona de carga. Como resultado, toda la circunferencia del camino de rodadura del aro exterior tendrá una banda en el centro cuyo ancho es uniforme.

La distribución de la carga en el aro interior varía. Es más pesada en el sentido de la carga y disminuye en cualquier sentido a partir de ese punto. En la mayoría de las aplicaciones, la zona de carga es de aproximadamente 150°.

Fig. 5



Estos patrones de carga también aparecen cuando el aro interior gira en fase con la carga (es decir, cargas desequilibradas o excéntricas) y el aro exterior está fijo. Incluso si el aro interior está girando, la carga en el aro interior es fija, mientras que la carga en el aro exterior fijo está girando (→ **fig. 6**).

La **fig. 7** ilustra el efecto de una carga axial unidireccional y constante sobre un rodamiento rígido de bolas.

El aro giratorio mostrará una banda desplazada lateralmente alrededor de toda su circunferencia.

El aro fijo mostrará una banda desplazada lateralmente en el lado opuesto. Si la magnitud de la carga axial es suficiente, la banda en el aro fijo estará alrededor de toda su circunferencia.

La **fig. 8** ilustra una combinación de cargas radiales y axiales unidireccionales y constantes en un rodamiento rígido de bolas, con un aro interior giratorio y un aro exterior fijo.

La zona de carga alrededor de toda la circunferencia del aro interior se desplaza lateralmente.

La zona de carga del aro exterior se desplaza lateralmente en el sentido opuesto. La longitud de la zona de carga es mayor que la que se produciría con solo una carga radial, pero no necesariamente de 360°.

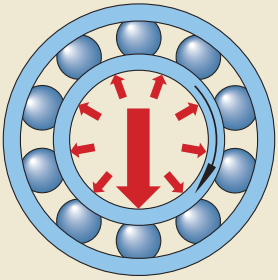
En el caso de los rodamientos de dos hileras, las cargas combinadas producirán zonas de carga de longitud desigual. La hilera que soporta la carga axial tendrá una zona de carga fija más larga. Si la carga axial es de suficiente magnitud, una hilera de elementos rodantes puede quedar completamente descargada.

Bajo carga radial pura, solo una pequeña sección (aproximadamente 150°) del aro exterior tendrá un patrón de trayectoria (→ **figs. 3** y **4**, **página 292**).

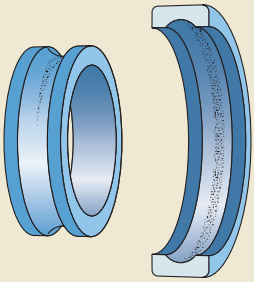
Bajo carga axial pura, todo el aro exterior mostrará un patrón de trayectoria, que está desplazado lateralmente (→ **fig. 7**).

Bajo una carga combinada, el patrón de trayectoria estará en algún punto intermedio, según la magnitud de la carga radial en relación con la carga axial (→ **fig. 8**).

Fig. 6

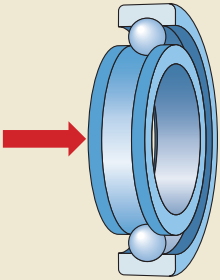


Distribución de la carga

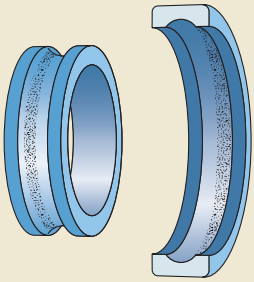


Patrones de trayectoria

Fig. 7

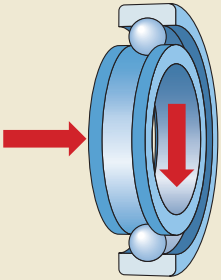


Distribución de la carga

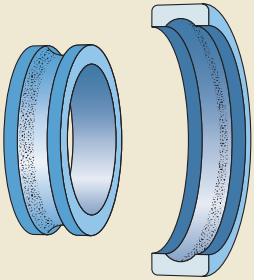


Patrones de trayectoria

Fig. 8



Distribución de la carga



Patrones de trayectoria

Patrones resultantes de condiciones anormales de funcionamiento

La **fig. 9** ilustra las zonas de carga producidas por una carga radial unidireccional y constante cuando un aro exterior fijo está desalineado con respecto al aro interior que gira.

Toda la circunferencia del camino de rodadura del aro interior tendrá una banda en su centro cuyo ancho es uniforme.

El aro exterior tendrá una banda que va de un lado a otro de este. La trayectoria y la longitud de la banda dependen de la magnitud de la desalineación, la carga y el juego del rodamiento. La banda puede estar entre 150° y 360°.

Esta condición puede producirse cuando el eje se desvía o si los rodamientos están en soportes separados que no tienen agujeros de soporte concéntricos.

La **fig. 10** ilustra las zonas de carga producidas por una carga radial unidireccional y constante cuando el aro exterior fijo está apretado radialmente (sujeción oval).

En estas condiciones, toda la circunferencia del camino de rodadura del aro interior tendrá una banda en su centro cuyo ancho es uniforme.

El aro exterior mostrará dos zonas de carga diametralmente opuestas. Un aro exterior apretado radialmente se produce por una de las siguientes razones:

- El soporte está montado sobre una superficie que no es plana.
- Las dos mitades de un soporte de dos piezas o de una parte del equipo no encajan concéntricamente.
- El asiento del soporte está ovalado debido a errores de fabricación, en cuyo caso son posibles dos o más zonas de carga.

Las zonas de carga múltiples aumentan drásticamente las cargas internas e incrementan la temperatura de funcionamiento del rodamiento, lo que provoca daños o fallas prematuras en este.

La **fig. 11** ilustra las zonas de carga producidas por un rodamiento con precarga interna que soporta una carga radial unidireccional y constante, mientras el aro interior gira y el exterior está fijo.

En estas condiciones, toda la circunferencia del camino de rodadura del aro interior tendrá una banda en su centro cuyo ancho es uniforme.

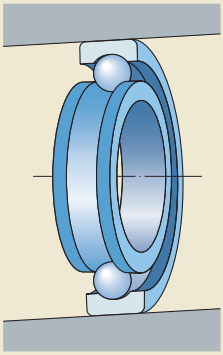
El aro exterior también mostrará una zona de carga de 360°, pero el patrón será normalmente más amplio donde la carga aplicada se combina con la precarga interna.

Esta condición puede ser el resultado de ajustes de interferencia excesivos en el eje y/o en el soporte. Si los ajustes son demasiado apretados, el rodamiento puede sufrir una precarga interna al comprimir los elementos rodantes entre los dos aros. Un juego inicial interno demasiado pequeño puede provocar el mismo problema.

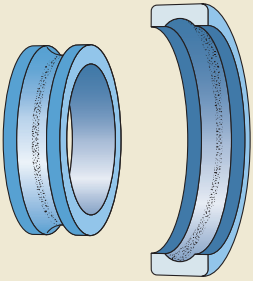
Otra posible causa de esta condición es una excesiva diferencia de temperatura entre el eje y el soporte. Esto también puede reducir significativamente el juego interno del rodamiento. Los materiales del eje y del soporte con un coeficiente de dilatación térmica diferente también pueden contribuir a la reducción del juego.

NOTA: Consulte la sección *Ajustes y tolerancias recomendados*, en la **página 35**.

Fig. 9

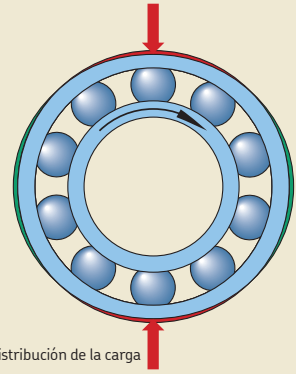


Distribución de la carga

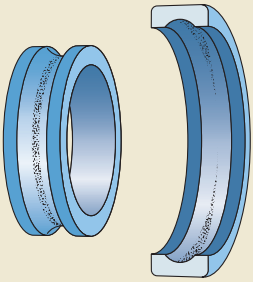


Patrones de trayectoria

Fig. 10

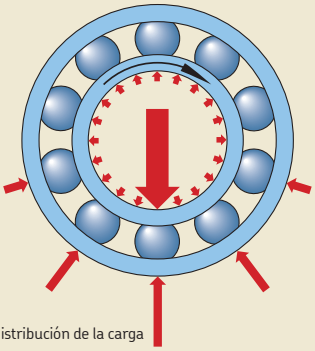


Distribución de la carga

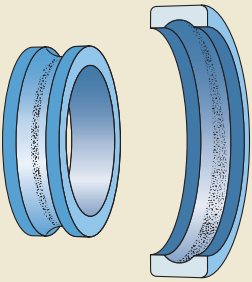


Patrones de trayectoria

Fig. 11



Distribución de la carga



Patrones de trayectoria

Daños en los rodamientos

Debido al creciente interés por evitar que se repitan los daños y las fallas en los rodamientos, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado una metodología para clasificar los daños y las fallas en los rodamientos (ISO 15243:2004). Esta norma reconoce seis grupos principales de modos de falla y dieciséis subgrupos, todos relacionados con el daño sostenido posterior a la fabricación. La norma se basa principalmente en las características visibles en los elementos rodantes, los caminos de rodadura y otras superficies funcionales. También identifica los mecanismos implicados en cada tipo de falla.

La mayoría de los daños en los rodamientos pueden relacionarse con los seis grupos principales, así como con los diversos subgrupos que se muestran en la **tabla 1**. Las definiciones de los modos de falla se proporcionan en la **tabla 2**.

La mayoría de los daños resultantes de estos mecanismos pueden detectarse y controlarse fácilmente cuando el monitoreo de condición forma parte de un programa de mantenimiento integral. El análisis de las vibraciones permite detectar los primeros signos de daños en los rodamientos, de modo que el personal de mantenimiento pueda tomar medidas correctivas a tiempo. Esto puede reducir significativamente los costosos e inesperados tiempos de inactividad y puede evitar fallas catastróficas que dañen los componentes adyacentes. También permite al personal de mantenimiento examinar el rodamiento dañado en una fase temprana para determinar la causa raíz, y tomar las medidas necesarias para evitar que el problema se repita.

NOTA: Consulte la sección *Inspección*, desde la **página 216**.

La mayoría de los daños en los rodamientos pueden clasificarse en dos categorías: daños previos al funcionamiento y operativos. Los daños previos al funcionamiento se producen antes o durante la instalación del rodamiento, mientras que los daños operativos se producen cuando el rodamiento está en funcionamiento.

Causas de daños previos al funcionamiento:

- ajustes incorrectos para ejes y soportes
- asientos defectuosos de rodamientos en ejes y en soportes
- desalineación estática
- prácticas de montaje defectuosas
- paso de corriente eléctrica a través del rodamiento (voltaje excesivo)
- transporte, manipulación y almacenamiento

Causas de daños operativos:

- fatiga del material
- lubricación ineficaz
- sellado ineficaz
- vibración (vibrocorrosión)
- desalineación operativa
- paso de corriente eléctrica a través del rodamiento (fugas de corriente)

Tabla 1

Clasificación ISO de los daños y modos de falla de los rodamientos

Grupo principal	Subgrupo
Fatiga	Fatiga iniciada bajo la superficie Fatiga iniciada en la superficie
Desgaste	Desgaste abrasivo Desgaste adhesivo
Corrosión	Corrosión por humedad Corrosión por fricción Corrosión por contacto Vibrocorrosión
Erosión eléctrica	Voltaje excesivo Fugas de corriente
Deformación plástica	Sobrecarga Mellas por residuos Mellas por manipulación
Fractura y agrietamiento	Fractura forzada Fractura por fatiga Agrietamiento térmico

Tabla 2

Definiciones y explicaciones de los modos de falla

Modo de falla	Definición y/o explicación
Fatiga	Es un cambio en la estructura del material provocado por las tensiones repetidas que tienen lugar en las zonas de contacto entre los elementos rodantes y los caminos de rodadura. La fatiga se manifiesta de forma visible como un descascarillado de las partículas de la superficie. El tiempo que transcurre entre el inicio y el avance del descascarillado varía según la velocidad y la carga.
Fatiga iniciada bajo la superficie	El inicio de las microgrietas debajo de la superficie del camino de rodadura. Cuando estas microgrietas se propagan a la superficie, producen roturas (descascarillado).
Fatiga iniciada en la superficie	Deterioro de la superficie. Falla de las asperezas de la superficie metálica en contacto con la rodadura (rugosidad) debido a una lubricación inadecuada.
Desgaste	La eliminación progresiva de material como resultado de la interacción de dos superficies de contacto deslizantes o rodantes/deslizantes durante el funcionamiento.
Desgaste abrasivo	El resultado de una lubricación inadecuada o la entrada de contaminantes.
Desgaste adhesivo	La transferencia de material de una superficie a otra con el calor por fricción, a veces con el templado o el endurecimiento de la superficie.
Corrosión	El deterioro de una superficie metálica como resultado de la oxidación o de una reacción química en las superficies metálicas.
Corrosión por humedad	Oxidación de las superficies en presencia de humedad.
Corrosión por fricción	La reacción química activada por el micromovimiento relativo entre superficies de contacto en determinadas condiciones de fricción.
Corrosión por contacto	La oxidación y el desgaste de las asperezas superficiales bajo un micromovimiento oscilante.
Vibrocorrosión	La formación de depresiones poco profundas resultantes del micromovimiento causado por las vibraciones cíclicas cuando una máquina está parada. En los caminos de rodadura, aparecen depresiones equidistantes que coinciden con el paso de los elementos rodantes.
Erosión eléctrica	El daño a las superficies de contacto (eliminación de material) causado por el paso de corrientes eléctricas.
Voltaje excesivo	Chispas y calentamiento localizado por el paso de corriente en la zona de contacto debido a un aislamiento ineficaz.
Fugas de corriente	La generación de cráteres poco profundos por el paso de la corriente (baja). Los cráteres están muy próximos entre sí. Con el tiempo, se convierten en estrías paralelas al eje de rodadura que están equidistantes.
Deformación plástica	Deformación permanente que se produce cuando se supera el límite elástico del material.
Sobrecarga	Sobrecarga por cargas estáticas o de choque, que provoca una deformación plástica (punzonamiento).
Mellas por residuos	Las partículas depositadas en las zonas de contacto forman, al pasarles por encima, mellas en los caminos de rodadura y en los elementos rodantes. El tamaño y la forma de las mellas dependen de la naturaleza de las partículas.
Mellas por manipulación	Superficies de los rodamientos melladas o agujereadas por objetos duros y afilados.
Fractura	Se sobrepasa la resistencia máxima a la tracción del material y se produce la separación completa de una parte del componente.
Fractura forzada	Fractura resultante de una concentración de tensión superior a la resistencia a la tracción del material.
Fractura por fatiga	Fractura resultante de la superación frecuente del límite de resistencia a la fatiga del material.
Agrietamiento térmico	Grietas que se generan por un gran calentamiento por fricción. Suelen producirse de forma perpendicular al sentido del movimiento de deslizamiento.

Causas de daños previos al funcionamiento

Ajustes incorrectos para ejes y soportes

Un ajuste incorrecto del eje o del soporte puede dar lugar a un juego excesivo o a una precarga excesiva, lo que puede producir cualquiera de las siguientes condiciones:

- deslizamiento del aro (el aro gira sobre su asiento)
- corrosión por contacto
- aros agrietados
- capacidad de carga reducida
- cargas inducidas
- temperaturas de funcionamiento excesivas

Por lo tanto, el ajuste adecuado es fundamental para la vida útil del rodamiento y el rendimiento de la aplicación.

Si un aro del rodamiento gira y la carga es unidireccional y constante, se requiere un ajuste de interferencia. El grado de interferencia o apriete se rige por la magnitud de la carga y el tipo y tamaño del rodamiento. Normalmente, cuanto mayor sea la carga aplicada, mayor será el ajuste requerido.

Si un aro de rodamiento es fijo y la carga es unidireccional y constante, suele tener un ajuste flojo. Los ajustes recomendados se encuentran en el **Anexo A**, desde la **página 334**. Los valores de las desviaciones y los ajustes resultantes se indican en el **Anexo B**, desde la **página 338**.

La presencia de cargas de choque o vibraciones continuas requiere un ajuste de interferencia más pesado en el aro que gira en relación con la carga.

En el caso de un aro de rodamiento con una zona de carga giratoria, rodamientos con poca carga o rodamientos que funcionan a velocidades muy bajas, se puede aplicar un ajuste más ligero o, en algunos casos, un ajuste flojo.

En ocasiones, no es posible montar un equipo si se aplican los ajustes recomendados. En estos casos, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Consideremos dos ejemplos: en la rueda delantera de un coche, el sentido de la carga es constante, es decir, la superficie de la carretera ejerce siempre una fuerza ascendente sobre la rueda. Por lo tanto, el aro exterior giratorio tiene un ajuste de interferencia en el cubo de la rueda, mientras que el aro interior fijo tiene un ajuste flojo en el eje.

Los rodamientos de un motor eléctrico convencional tienen aros exteriores fijos con respecto a la carga y tienen un ajuste flojo en el soporte, pero los aros interiores giran con respecto a la carga y se montan con un ajuste de interferencia.

Existen algunos casos en los que es necesario montar los aros interior y exterior de un rodamiento con un ajuste de interferencia. Este es el caso, por ejemplo, de los rodamientos de rodillos cilíndricos y de los rodamientos de rodillos toroidales CARB, que pueden soportar la dilatación axial del eje dentro del rodamiento, en lugar de hacerlo mediante el deslizamiento de uno de los aros del rodamiento sobre su asiento. Este puede ser también el caso de las aplicaciones en las que se producen fuertes cargas de choque.

Fig. 12

Desgaste abrasivo debido al deslizamiento del aro exterior
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo

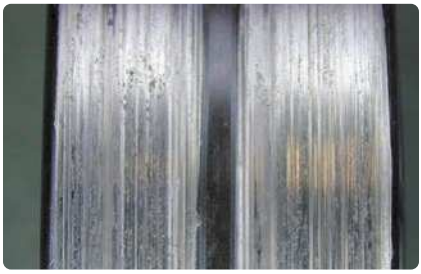


Fig. 13

Desgaste por pulido debido al deslizamiento del aro exterior
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Los ajustes inadecuados del eje o del soporte, o los ajustes innecesariamente flojos, pueden permitir que el aro interior o exterior gire sobre su asiento. Este movimiento relativo se denomina deslizamiento del aro. El movimiento relativo genera fricción y puede dar lugar a un desgaste o a la formación de adherencias. El daño no siempre se limita a la superficie del asiento; también puede tener su efecto en las caras laterales del (de los) aro(s). La **fig. 12** muestra el desgaste abrasivo, mientras que la **fig. 13** muestra el desgaste por pulido.

Los ajustes demasiado flojos pueden dar lugar a una diferencia de velocidad entre las superficies de contacto. A veces no se puede evitar un ajuste flojo, por ejemplo, en los rodamientos de cuatro hileras de rodillos cónicos en los cuellos de cilindro de laminadores. Normalmente, el aro interior tiene un ajuste flojo por razones de montaje/desmontaje. Debido al ajuste flojo, existe una diferencia de velocidad entre el aro interior y el asiento del eje (deslizamiento), y entre la cara lateral del aro interior y su resalte. Estas diferencias de velocidad en la zona de contacto generan calor. En algunos casos, el calor localizado puede ser tan intenso que el material se transfiere del aro del rodamiento a sus superficies de deslizamiento o viceversa (adherencias) (→ **fig. 14**). El calor también puede producir grietas térmicas en el material (→ **fig. 14**), que finalmente harán que el aro se agriete (agrietamiento térmico).

Un ajuste de interferencia entre un aro interior y un eje inducirá tensiones circunferenciales (de tracción) en el aro. Si el ajuste de interferencia es excesivo, las tensiones circunferenciales resultantes pueden superar la resistencia del aro, y provocar su rotura (→ **fig. 15**).

Las disposiciones de rodamientos suelen constar de un rodamiento fijo y uno libre. El rodamiento libre está diseñado para adaptarse a la dilatación térmica del eje, ya sea dentro del rodamiento o moviéndose en su asiento en el soporte. Para moverse en su asiento, el aro exterior requiere un ajuste flojo. Si el ajuste es demasiado apretado o el aro exterior está descentrado en el soporte, el aro no se moverá. Esto induce fuertes cargas axiales en el sistema de rodamientos. Estas fuertes cargas axiales pueden producir cualquiera de las siguientes condiciones: fatiga prematura del material, calor excesivo, lubricación inadecuada, desgaste excesivo o descascarillado iniciado en la superficie (→ **fig. 16**). El resultado es una reducción drástica de la vida útil del rodamiento.

Fig. 14

Las diferentes velocidades en la zona de contacto entre el rodamiento y un anillo distanciador provocaron las adherencias (marcas circunferenciales). El calor resultante provocó grietas térmicas en el aro del rodamiento (perpendiculares a las marcas de adherencias).
Clasificación ISO: Desgaste adhesivo y agrietamiento térmico

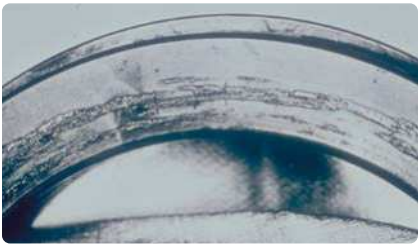


Fig. 15

Agrietamiento del aro debido a un ajuste de interferencia excesivo
Clasificación ISO: Fractura forzada

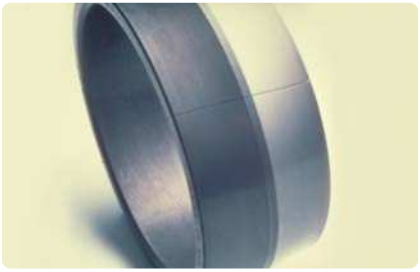


Fig. 16

Un ajuste del soporte demasiado apretado para un rodamiento libre provocará cargas axiales pesadas, lo que reducirá drásticamente la vida útil del rodamiento.
Clasificación ISO: Fatiga iniciada bajo la superficie (por cargas demasiado pesadas) o fatiga iniciada en la superficie (por problemas de lubricación)



Daños y fallas debido a asientos defectuosos del eje o del soporte

Las fórmulas utilizadas para calcular la vida útil de los rodamientos se basan en suposiciones básicas. Una de esas suposiciones es que los asientos del eje y del soporte cumplen las especificaciones geométricas. Sin embargo, hay otros factores que pueden afectar negativamente a los componentes fabricados con las especificaciones más exigentes. Por ejemplo, los asientos del eje y del soporte pueden estar deformados, es decir, cónicos, ovalados, fuera de escuadra o distorsionados térmicamente. La misma condición puede producirse por un asiento de rodamiento en un soporte que fue fabricado correctamente, pero que se distorsionó cuando se fijó al bastidor de la máquina o a la superficie de apoyo.

Mientras que la sección *Ajustes incorrectos para ejes y soportes*, desde la **página 300**, trata de los ajustes mal seleccionados, esta sección se centra en los asientos de rodamientos distorsionados y los daños que pueden causar.

La corrosión por contacto se produce cuando el ajuste es demasiado flojo y existe un movimiento relativo entre el aro del rodamiento y el eje o el soporte. El movimiento relativo, que suele deberse a imprecisiones de forma o a la flexión del eje (desviación), hace que se desprendan pequeñas partículas de material de la superficie del eje o del asiento del soporte. Estas partículas se oxidan rápidamente cuando se exponen al aire.

Como resultado de la corrosión por contacto, los aros del rodamiento pueden no apoyarse uniformemente, lo que tendrá un efecto perjudicial en la distribución de la carga en el rodamiento. La corrosión por contacto aparece como óxido en la superficie externa del aro exterior (→ **fig. 17**) o en el agujero del aro interior (→ **figs. 18** y **19**). El óxido de hierro tiene un volumen mayor que el hierro puro. Por lo tanto, la geometría del rodamiento podría cambiar; el patrón de la trayectoria del camino de rodadura podría estar muy marcado en las posiciones correspondientes.

La corrosión por contacto es común en aplicaciones en las que las condiciones de funcionamiento hacen que los asientos se deformen bajo carga. Esto es muy frecuente en aplicaciones con mucha carga.

Fig. 17

La corrosión por contacto "fuerte" es frecuente en aplicaciones con mucha carga. La corrosión por contacto se produce en la zona de carga del asiento del aro exterior.
Clasificación ISO: Corrosión por contacto



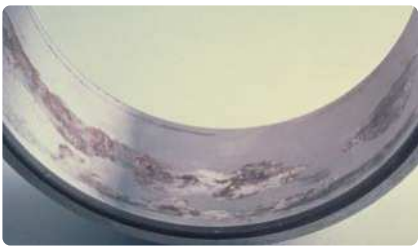
Fig. 18

Corrosión por contacto debido a un ajuste incorrecto del eje
Clasificación ISO: Corrosión por contacto



Fig. 19

Corrosión por contacto debido a un asiento imperfecto del eje (mecanizado) o a la desviación del eje
Clasificación ISO: Corrosión por contacto



NOTA: El Fe_3O_4 de la corrosión por contacto, también llamado magnetita (→ **fig. 17**), puede ser negro, o puede formarse Fe_2O_3, también llamado hematita, que es rojo o marrón rojizo (→ **figs. 18** y **19**).

Con el tiempo, un contacto incorrecto dará lugar a una corrosión por contacto avanzada. Las zonas corroídas también actúan como muescas de fractura (→ **figs. 20** y **21**).

Los asientos de los rodamientos que son cóncavos, convexos o cónicos, hacen que el aro del rodamiento tenga poco contacto en todo su ancho. El aro, por lo tanto, se desvía bajo carga y suelen aparecer fracturas por fatiga circunferencialmente a lo largo del camino de rodadura.

La **fig. 22** es una imagen en espejo de un aro exterior de un rodamiento de bolas a rótula que fue montado en un agujero de soporte no redondo (ovalado). El aro exterior fijo estaba apretado en dos lugares, separados por 180°, lo que dio lugar a una precarga en estos dos lugares. La precarga generó fuerzas excesivas, que dieron lugar a una fatiga prematura del material y al descascarillado iniciado bajo la superficie.

La precarga también generó calor y dio lugar a una condición de lubricación deficiente. Obsérvese la fuerte corrosión por contacto (con una separación de 180°) en el diámetro exterior del aro correspondiente a las dos zonas de carga.

Fig. 20

La corrosión por contacto puede provocar la rotura del aro. El aro se agrieta en su punto más débil: la ranura de lubricación.
Clasificación ISO: Corrosión por contacto y fractura forzada



Fig. 21

El aro exterior de este rodamiento no estaba bien apoyado en el asiento del soporte. La corrosión por contacto provocó altas tensiones en el aro exterior y, en última instancia, provocó una fractura forzada.
Clasificación ISO: Corrosión por contacto y fractura forzada



Fig. 22

El aro exterior de este rodamiento de bolas a rótula se coloca contra un espejo. Se observan dos zonas de carga y descascarillado separadas 180°. Los daños se deben a que el asiento del soporte está ovalado.
Clasificación ISO: Fatiga iniciada bajo la superficie



Desalineación estática

La desalineación estática, una causa común de sobrecalentamiento y/o descascarillado prematuro, está presente cuando existe cualquiera de las siguientes condiciones:

- El aro interior está asentado contra un resalte del eje que no está en escuadra con el asiento del rodamiento.
- El aro exterior está asentado contra un resalte del soporte que no está en escuadra con el agujero del soporte.
- Los dos agujeros del soporte no son concéntricos o coaxiales.
- El aro del rodamiento está mal ajustado contra su resalte y queda descentrado en su asiento.
- El aro exterior de un rodamiento libre está descentrado en su asiento.

Los rodamientos autoalineables no pueden subsanar todas las faltas de alineación. Por ejemplo, cuando el aro interior giratorio de un rodamiento autoalineable no está en escuadra con su asiento en el eje, oscilará al girar. Esto puede causar problemas de lubricación, y un desgaste prematuro y/o una fatiga temprana iniciada en la superficie.

Los rodamientos axiales de bolas pueden mostrar signos de fatiga temprana cuando se montan en soportes que no son perpendiculares al eje. En estos casos, solo una sección corta (arco) del aro fijo soporta toda la carga. Cuando el aro giratorio de un rodamiento axial de bolas está montado en un resalte del eje fuera de escuadra, el aro oscila al girar. El aro giratorio que oscila carga solo una pequeña parte del aro fijo y provoca una fatiga temprana.

Cuando dos soportes que soportan el mismo eje no tienen una línea central común, solo los rodamientos de bolas o de rodillos a rótula podrán funcionar sin inducir momentos de flexión que, de otro modo, provocarían desviaciones y desalineaciones del eje. Los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de contacto angular, así como los rodamientos de rodillos cilíndricos y cónicos, solo pueden admitir desalineaciones muy pequeñas. La desalineación en estos rodamientos provoca normalmente una carga en los bordes, que puede dar lugar a una fatiga prematura.

El rodamiento de dos hileras de bolas de contacto angular que se muestra en la **fig. 23** estaba desalineado. Esto dio lugar a dos zonas de carga separadas 180°. Las cargas pesadas inducidas llevaron a una condición de lubricación ineficaz. Tanto las cargas pesadas como el problema de lubricación provocaron un daño prematuro en el rodamiento, que comenzó como descascarillado de la superficie.

El rodamiento de rodillos cónicos de la **fig. 24** estaba instalado en un soporte desalineado. La carga se soportaba únicamente en una pequeña zona del borde. Las muy elevadas tensiones resultantes en esta zona provocaron la fatiga del material y el descascarillado prematuro iniciado bajo la superficie.

Fig. 23

Rodamiento de dos hileras de bolas de contacto angular desalineado: la desalineación provocó dos zonas de carga separadas 180º. Las cargas pesadas, las tensiones resultantes y los problemas de lubricación provocaron una falla prematura del rodamiento.
Clasificación ISO: Fatiga iniciada en la superficie



Fig. 24

La desalineación del soporte provocó una carga en los bordes de este rodamiento de rodillos cónicos. El resultado: una falla prematura del rodamiento.
Clasificación ISO: Fatiga iniciada bajo la superficie



Prácticas de montaje defectuosas

El abuso y la negligencia antes y durante el montaje suelen provocar daños y fatiga o fallas prematuras.

Una de las principales causas de fallas por fatiga temprana son los daños por impacto durante la manipulación, el montaje, el almacenamiento y/o el funcionamiento.

En estos casos, el impacto es superior a la resistencia del material (sobrecarga), que se deforma plásticamente. Los daños se inician en el punto de deformación y, en última instancia, dan lugar a una falla prematura del rodamiento.

La **fig. 25** muestra que la fuerza de montaje, aplicada al aro incorrecto, pasó a través de los elementos rodantes. Esto también puede suceder si el rodamiento se somete a una carga anormal mientras no está en funcionamiento. Como la carga de impacto es una carga axial, se pueden encontrar mellas en los aros que están desplazados axialmente del centro. La distancia entre las mellas es la misma que la separación de los elementos rodantes.

La **fig. 26** muestra los daños en el aro interior de un rodamiento de dos hileras de bolas de contacto angular. En este caso, la fuerza de montaje se aplicó a través del aro exterior. La deformación plástica resultante son mellas equidistantes que corresponden a la distancia entre las bolas.

La **fig. 27** muestra el daño resultante en un rodamiento rígido de bolas después de haber estado en funcionamiento durante algún tiempo.

Fig. 25

Fuerza de montaje aplicada al aro equivocado
Clasificación ISO: Sobrecarga

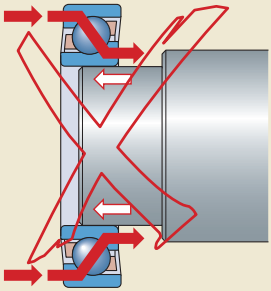


Fig. 26

Daños causados por un impacto durante el montaje
Clasificación ISO: Sobrecarga

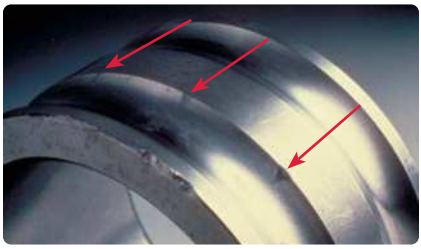


Fig. 27

Fatiga causada por daños por impactos durante el montaje
Clasificación ISO: Sobrecarga



Otra causa de fallas por fatiga temprana es la presencia de contaminantes atrapados en el rodamiento o en el soporte. Los contaminantes pueden introducirse durante el montaje o pueden ser el resultado de contaminantes residuales de una falla anterior del rodamiento. Los contaminantes también pueden introducirse como resultado del proceso de fabricación del soporte.

El efecto de atrapar una viruta entre el diámetro externo del rodamiento y el agujero del soporte también provocará una falla prematura del rodamiento.

Los rodamientos de rodillos cilíndricos pueden dañarse fácilmente durante el montaje. Esto puede ocurrir, por ejemplo, con los rodamientos de diseño NU después de que el aro interior esté montado en el eje y el aro exterior con el conjunto de jaula y rodillos esté en el soporte. Si el eje está torcido durante el montaje, y no gira, los rodillos pueden rayar (arar) el camino de rodadura del aro interior (**→ fig. 28**), lo que provoca mellas en forma de rayas largas y transversales. Obsérvese que la separación (**→ fig. 29**) de la zona dañada coincide con la distancia entre los rodillos.

NOTA: Esto puede evitarse: Lubrique bien todos los componentes y gire el aro interior durante el montaje. Para rodamientos más grandes, se debe utilizar un manguito de montaje (**→ fig. 30**).

Fig. 28

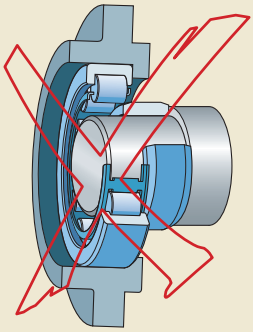
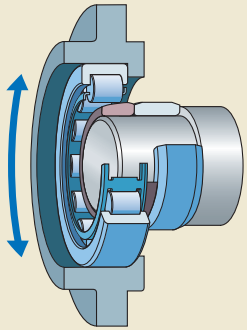


Fig. 29

Daños de montaje en un rodamiento de rodillos cilíndricos
Clasificación ISO: Mellas por la manipulación



Fig. 30



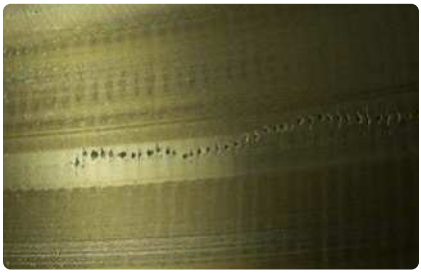
Paso de un voltaje eléctrico excesivo a través del rodamiento

En determinadas condiciones, la corriente eléctrica pasará a través de un rodamiento buscando tierra. Por ejemplo, cuando se repara un eje, pueden producirse potenciales de voltaje excesivos por una conexión a tierra inadecuada del equipo de soldadura. Al pasar la electricidad de un aro del rodamiento a los elementos rodantes y de ahí al otro aro, se producen graves daños. La **fig. 31** muestra daños por voltaje eléctrico excesivo en el camino de rodadura del aro exterior y en la superficie de los rodillos de un rodamiento de rodillos a rótula grande.

Los daños pueden producirse en estado de parada, pero normalmente se producen durante el funcionamiento. Sin embargo, este tipo de daño se clasifica como previo al funcionamiento.

Fig. 31

Daños en un rodamiento de rodillos a rótula de gran tamaño debido al paso de un voltaje eléctrico excesivo. Izquierda: daños en el camino de rodadura del aro exterior; derecha: daños correspondientes en el rodillo.
Clasificación ISO: Voltaje excesivo





Daños durante el transporte y almacenamiento

Los daños normalmente asociados con el transporte incluyen el punzonamiento (sobrecarga) por la carga de choque o la vibrocorrosión por la vibración.

El punzonamiento es el resultado de un impacto. El impacto puede producirse como resultado de una manipulación inadecuada del rodamiento o de cargas de choque en una aplicación. Según la gravedad de los daños, el punzonamiento aumentará los niveles de ruido y vibración, y reducirá la vida útil del rodamiento. Para identificar el punzonamiento, compruebe si la distancia entre las zonas dañadas coincide con la distancia entre los elementos rodantes. Dado que el punzonamiento es el resultado de un impacto, se pueden ver las líneas de rectificado originales con una ampliación. La **fig. 32** muestra el daño debido a un impacto (sobrecarga) con una ampliación de 100 veces.

El daño por vibrocorrosión también coincide con la distancia entre los elementos rodantes. Sin embargo, como se debe a la vibración, las marcas de rectificado han desaparecido, como se muestra en la **fig. 33**. Según la gravedad, la vibrocorrosión también provocará un aumento de los niveles de ruido y vibración.

Cuando está almacenado, el embalaje del rodamiento debe permanecer en buenas condiciones; de lo contrario, podría deteriorarse su condición. Esto también es válido para los rodamientos ya montados en subconjuntos (→ **fig. 34**). Los rodamientos deben estar adecuadamente protegidos.

Fig. 32

Marca de impacto de una sobrecarga (punzonamiento), aumentado 100 veces
Clasificación ISO: Sobrecarga



Fig. 33

Marcas de vibrocorrosión: aumentado 100 veces
Clasificación ISO: Vibrocorrosión



Fig. 34

Daños causados por un almacenamiento inadecuado
Clasificación ISO: Corrosión por humedad



Causas de daños operativas

Fatiga del material (iniciada bajo la superficie)

En funcionamiento, la carga se transmite de un aro a otro a través de los elementos rodantes. Cada vez que un elemento rodante entra en la zona de carga, la carga transmitida en la zona de contacto pasa de cero a un máximo para luego volver a cero. Esto provoca una acumulación de tensiones residuales en el material. Según la carga, la temperatura y el número de ciclos de tensión, estas tensiones provocarán cambios estructurales en el material y darán lugar a la formación de grietas bajo la superficie. Estas grietas se propagarán finalmente a la superficie y se producirá el descascarillado (→ **fig. 35**).

En cuanto se produce el primer descascarillado, el rodamiento está dañado. Esto no significa que el rodamiento no pueda seguir funcionando. El descascarillado aumentará gradualmente de tamaño (→ **fig. 36**) y de número, y dará lugar a un aumento de los niveles de ruido y vibración en la maquinaria. La máquina debe pararse y repararse antes de que el rodamiento falle catastróficamente.

Para evitar la fatiga prematura iniciada bajo la superficie, deben darse tres condiciones principales:

- acero del rodamiento limpio: rodamiento de la mejor calidad
- buenas condiciones de lubricación (sin contaminación)
- buena distribución de la carga sobre los elementos rodantes y a lo largo de la línea de contacto de los elementos rodantes

Fig. 35

Descascarillado en un rodamiento
Clasificación ISO: Fatiga iniciada bajo la superficie



Fig. 36

Descascarillado avanzado debido a la fatiga iniciada bajo la superficie del material
Clasificación ISO: Fatiga iniciada bajo la superficie



Lubricación ineficaz

Una de las principales suposiciones que se hacen al calcular la expectativa de vida útil de un rodamiento, es que el rodamiento se lubricará correctamente. Esto significa que llegará al rodamiento el lubricante correcto en la cantidad adecuada y en el momento oportuno. Todos los rodamientos requieren una lubricación adecuada para un funcionamiento confiable. El lubricante separa los elementos rodantes, la jaula y los caminos de rodadura, tanto en las regiones de contacto de rodadura como de deslizamiento. Sin una lubricación eficaz, se produce un contacto de metal con metal entre los elementos rodantes y los caminos de rodadura y otras superficies de contacto, lo que provoca daños en estas superficies.

La expresión "falla de lubricación" se interpreta con demasiada frecuencia como si no hubiera aceite o grasa en el rodamiento. Aunque esto puede ocurrir ocasionalmente, el análisis de los daños en los rodamientos no suele ser tan sencillo. Muchos casos de daños son el resultado de una viscosidad insuficiente del lubricante, una viscosidad excesiva del lubricante, un exceso de lubricación, una cantidad inadecuada de lubricante, un lubricante contaminado o un lubricante incorrecto utilizado en la aplicación. Por lo tanto, en cualquier análisis de los daños causados por la lubricación, es pertinente un examen exhaustivo de las propiedades del lubricante, la cantidad de lubricante aplicada al rodamiento y las condiciones de funcionamiento.

Cuando la lubricación es ineficaz, se producen daños en forma de fatiga superficial. Estos daños pueden progresar rápidamente hasta provocar fallas que, a menudo, son difíciles de diferenciar de las fallas debidas a la fatiga del material o al descascarillado. Habrá descascarillado y, a menudo, se destruirá la evidencia de una lubricación ineficaz. Sin embargo, si se detecta a tiempo, serán visibles los indicios que señalan la verdadera causa del daño.

Las etapas de los daños debidos a una lubricación inadecuada (deterioro de la superficie) se muestran en la **fig. 37**. El primer indicio visible del problema suele ser una rugosidad u ondulación fina en la superficie. Más tarde, se producen grietas finas, seguidas del descascarillado.

Fig. 37

Etapas progresivas de descascarillado (deterioro de la superficie) causado por una lubricación ineficaz
Clasificación ISO: Fatiga iniciada en la superficie



Etapa 1: Se desarrolla una rugosidad u ondulación fina en la superficie.



Etapa 2: Se produce deterioro de la superficie y pequeñas grietas. Luego se produce el microdescascarillado.



Etapa 3: Los residuos se pasan por encima y se producen verdaderos descascarillados en la superficie.



Etapa 4: Si se prolonga demasiado, todo el camino de rodadura se desprende; ya no se puede observar el daño inicial.

La **fig. 38** muestra el camino de rodadura del aro interior de un rodamiento de rodillos a rótula grande. Debido a una lubricación inadecuada, se produjo la fatiga de la superficie. El descascarillado comenzó en los lados exteriores del contacto del camino de rodadura. La **fig. 39** muestra un aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula. En este caso, el descascarillado está avanzado.

Fig. 38

Deterioro de la superficie en los lados exteriores del contacto del camino de rodadura del aro interior en un rodamiento de rodillos a rótula de gran tamaño
Clasificación ISO: Fatiga iniciada en la superficie



Fig. 39

Descascarillado avanzado debido a un deterioro de la superficie del aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Fatiga iniciada en la superficie



Otra forma de daño superficial son las denominadas adherencias (desgaste adhesivo). Las adherencias (deslizamiento) pueden producirse en cualquiera de las siguientes condiciones:

- velocidades relativamente altas
- carga insuficiente
- lubricante muy rígido
- juego excesivo
- lubricante insuficiente en la zona de carga

Cuando los elementos rodantes se someten a fuertes aceleraciones en su reentrada en la zona de carga, puede producirse un deslizamiento. El calor generado por estos contactos deslizantes puede ser tan elevado que las dos superficies se funden en los puntos de contacto de metal con metal. Este proceso de soldadura hace que se transfiera material de una superficie a la otra, lo que también provoca una mayor fricción y concentraciones de tensión locales con un alto riesgo de que se produzcan grietas y que el rodamiento falle de forma prematura. La **fig. 40** muestra el aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula. Cada hilera presenta una mancha de adherencias. Obsérvense los dos patrones de desgaste en la zona de carga. En la **fig. 41**, se muestra otro ejemplo de adherencia.

Las adherencias también pueden producirse en aplicaciones en las que la carga es demasiado ligera en relación con la velocidad de giro. El deslizamiento de los elementos rodantes provoca un rápido aumento de la temperatura, que puede causar una fusión local, y la transferencia de material de una superficie a otra (→ **fig. 42**).

Las adherencias también pueden producirse en zonas como las pestañas de fijación y las caras laterales de los rodillos en los rodamientos de rodillos cilíndricos y cónicos, el anillo guía y las caras laterales de los rodillos en los rodamientos de rodillos a rótula y el lado axial de los rodillos y los caminos de rodadura de los rodamientos axiales de rodillos a rótula (→ **fig. 42**).

Fig. 40

Adherencias en el lado de reentrada de la zona de carga en el aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste adhesivo



Fig. 41

Adherencias en un camino de rodadura del aro interior fijo de un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste adhesivo



Fig. 42

Adherencias en el lado axial de un rodillo de un rodamiento axial de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste adhesivo



El desgaste de un rodamiento en conjunto también es el resultado de una lubricación ineficaz. La **fig. 43** ilustra este tipo de daños.

La mayoría de las jaulas metálicas no están templadas. Con una lubricación ineficaz, el desgaste suele comenzar en los alvéolos de la jaula (→ **figs. 44** y **45**).

Fig. 43

Desgaste por lubricación ineficaz en un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 44

Desgaste por lubricación ineficaz: jaula de latón macizo de un rodamiento de rodillos cilíndricos
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 45

Desgaste avanzado debido a una lubricación ineficaz: jaula de acero macizo de un rodamiento de una hilera de bolas de contacto angular
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Sellado ineficaz

Esta sección trata de los daños en los rodamientos causados por disposiciones de sellado ineficaces.

Cuando los contaminantes entran en la cavidad del rodamiento, su vida útil se reduce. Por lo tanto, es muy importante proteger los rodamientos con sellos integrales, placas de protección o con sellos externos. En entornos muy contaminados, puede ser ventajoso utilizar ambas soluciones de sellado.

Cuando entran contaminantes sólidos en un rodamiento, el lubricante puede perder su eficacia y producirse un desgaste. Se trata de un proceso acelerado, ya que el lubricante seguirá deteriorándose y el desgaste destruirá la microgeometría del rodamiento. La velocidad de este proceso depende en gran medida del tipo de contaminante y de si las partículas de desgaste permanecen en el rodamiento o se eliminan (relubricación). La mayoría de las veces, el desgaste tiene como resultado superficies opacas (→ **figs. 46** a **48**).

La **fig. 46** muestra el aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula con dos bandas de desgaste en la zona de carga. También se aprecia cierta ondulación, debida a las vibraciones durante el funcionamiento. La **fig. 47** muestra el aro interior de un rodamiento de rodillos a rótula en una aplicación con giro del aro exterior. El desgaste está avanzado en ambos caminos de rodadura y ha comenzado el descascarillado. La **fig. 48** muestra el aro interior de un rodamiento de rodillos a rótula grande en una aplicación con giro del aro exterior. El desgaste está muy avanzado y ha comenzado el descascarillado. Cada camino de rodadura tiene dos zonas de desgaste. El desgaste se ha producido en una zona. A continuación, debido al deslizamiento (giro) del aro interior, se ha iniciado el desgaste en la segunda zona.

Fig. 46

Desgaste en el aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo

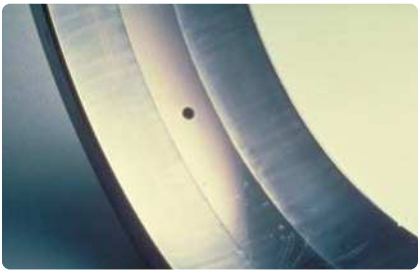


Fig. 47

Desgaste avanzado en un aro interior fijo de un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 48

Desgaste muy avanzado en el aro interior fijo de un rodamiento de rodillos a rótula de gran tamaño
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



En ocasiones, las partículas de desgaste u otros contaminantes sólidos actúan como agente de pulido y las superficies de contacto adquieren un brillo extremo. Su alcance depende del tamaño de las partículas, de su dureza y del tiempo (→ **figs. 49** y **50**).

Fig. 49

Desgaste por pulido en un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 50

Desgaste por pulido en el aro interior de un rodamiento de rodillos a rótula de gran tamaño
Clasificación ISO: Desgaste abrasivo



Los contaminantes sólidos que entran en la cavidad del rodamiento provocan mellas cuando los elementos rodantes les pasan por encima en los caminos de rodadura. El daño causado a los caminos de rodadura depende del tipo de contaminante. Las partículas muy duras, como el Al_2O_3 (material de una muela abrasiva), producen mellas con esquinas afiladas, que provocan grandes tensiones en la zona dañada. Los contaminantes blandos, como un trozo de papel fino o el hilo de un paño de algodón, también pueden causar mellas perjudiciales.

Toda mella tiene el potencial de iniciar una fatiga prematura.

La **fig. 51** muestra una mella producida por un trozo de alambre metálico enrollado en un rodamiento de rodillos a rótula muy grande.

La **fig. 52** muestra las mellas en un rodamiento de rodillos a rótula muy grande. El gran número de mellas puede reducir significativamente la vida útil del rodamiento.

La **fig. 53** muestra un rodamiento rígido de bolas con mellas causadas por los contaminantes. El descascarillado comenzó en los dos puntos que se indican en los círculos y continuó a partir de ahí.

Fig. 51

Una mella producida por un trozo de alambre metálico en un rodamiento de rodillos a rótula muy grande
Clasificación ISO: Mellas por residuos



Fig. 52

Mellas por residuos en un rodamiento de rodillos a rótula de gran tamaño
Clasificación ISO: Mellas por residuos



Fig. 53

Descascarillado en un rodamiento rígido de bolas debido a las mellas
Clasificación ISO: Mellas por residuos



La corrosión es otro problema que se produce como resultado de una disposición de sellado ineficaz, sobre todo en estado de parada.

El agua, el ácido y muchos agentes de limpieza deterioran los lubricantes, lo que provoca corrosión.

Cuando el agua, el ácido o los agentes de limpieza entran en una aplicación, afectan de forma negativa a la capacidad del lubricante para proteger las superficies de acero de la oxidación. Como resultado, cuando una máquina está parada, el óxido profundo se forma fácilmente.

Con el tiempo, el exceso de humedad formará un ácido en el lubricante y se corroerá la superficie en negro, como se muestra en la **fig. 54**.

En presencia de agua y por efecto de la capilaridad, el área próxima a la zona de contacto de los elementos rodantes puede corroerse (→ **fig. 55**). Esta corrosión aparece en forma de rayas negras grisáceas a lo largo de los caminos de rodadura, que suelen coincidir con la distancia entre los elementos rodantes (→ **fig. 56**).

Fig. 54

Ácidos por humedad en un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Corrosión por humedad

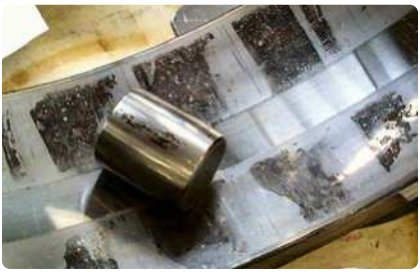


Fig. 55

Por efecto de la capilaridad, el área próxima a la zona de contacto de los elementos rodantes puede corroerse.
Clasificación ISO: Corrosión por humedad

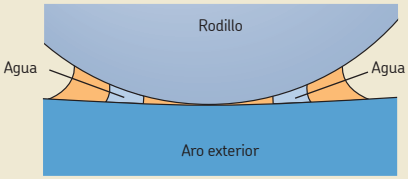


Fig. 56

Rayas de corrosión causadas por la presencia de agua en el lubricante
Clasificación ISO: Corrosión por humedad



Cuando el agua, el ácido o los agentes de limpieza han comprometido la capacidad del lubricante para proteger las superficies de acero, y la parada se prolonga, toda la superficie de los aros y elementos rodantes puede corroerse (→ **figs. 57** y **58**).

Fig. 57

Óxido en el aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula provocado por la humedad durante una parada prolongada
Clasificación ISO: Corrosión por humedad



Fig. 58

Óxido en un rodillo de un rodamiento de rodillos a rótula provocado por la humedad durante una parada prolongada
Clasificación ISO: Corrosión por humedad



Vibración (vibrocorrosión)

La vibración, sobre todo durante los períodos de parada, es otra causa de daños en los rodamientos. Al igual que en el caso de los equipos auxiliares y de reserva, los daños por vibración pueden deberse a la maquinaria cercana que está en funcionamiento. Según la proximidad de la unidad parada a la(s) unidad(es) en funcionamiento, la vibración creada por el equipo en funcionamiento hace vibrar los elementos rodantes del rodamiento de la máquina parada. Según la intensidad y la frecuencia de la vibración, la condición del lubricante y la carga, se produce una combinación de corrosión y desgaste que forma depresiones poco profundas en el camino de rodadura.

Las depresiones, que tienen la misma separación que los elementos rodantes, suelen mostrar cambios de color (rojizos) o brillo (depresiones esféricas en los rodamientos de bolas, líneas en los rodamientos de rodillos).

La magnitud y duración de la vibración y el juego interno del rodamiento pueden influir en los daños. Los rodamientos de rodillos son, aparentemente, más susceptibles de sufrir este tipo de daños que los rodamientos de bolas.

La **fig. 59** muestra el resultado de los daños por vibración en un rodamiento de bolas a rótula en una unidad de reserva. La **fig. 60** muestra un resultado similar en un rodamiento de rodillos toroidales CARB debido a una parada prolongada. La **fig. 61** muestra vibrocorrosión en el aro exterior de un rodamiento de rodillos cilíndricos. El rodamiento estaba instalado en el motor eléctrico de un equipo auxiliar. Se realizaron varias paradas y arranques. En cada parada, se produjeron daños por vibración. Se pueden observar varios conjuntos de “estrías” en la distancia entre rodillos. Las tres flechas muestran los daños más graves, en la distancia entre rodillos, durante una parada prolongada.

Fig. 59

Daños por vibración en un rodamiento de bolas a rótula en una unidad de reserva
Clasificación ISO: Vibrocorrosión



Fig. 60

Daños por vibración en un rodamiento de rodillos toroidales CARB debido a una parada prolongada
Clasificación ISO: Vibrocorrosión



Fig. 61

Daños por vibración en un rodamiento de rodillos cilíndricos en un equipo auxiliar
Clasificación ISO: Vibrocorrosión



Desalineación operativa

Las causas de la desalineación operativa incluyen las desviaciones del eje causadas por cargas pesadas o cambios de amplitud de carga durante el funcionamiento (carga desequilibrada). Cuando existe una desalineación operativa, las zonas de carga no son paralelas a las ranuras de los caminos de rodadura (→ **fig. 9** en la **página 297**). El resultado son las cargas axiales inducidas, que pueden ser peligrosas, ya que pueden provocar la fractura por fatiga. La **fig. 62** muestra el aro exterior de un rodamiento de dos hileras completamente lleno de rodillos cilíndricos NNCF. La pestaña del aro exterior está prácticamente rota, debido a la fatiga provocada por las cargas axiales inducidas resultantes de la desviación del eje.

Fig. 62

Fractura por fatiga de la pestaña del aro exterior de un rodamiento de dos hileras completamente lleno de rodillos cilíndricos
Clasificación ISO: Fractura por fatiga



Paso de corriente eléctrica a través del rodamiento

Para los daños debidos a un voltaje excesivo, consulte la sección *Paso de un voltaje eléctrico excesivo a través del rodamiento* en la **página 307**.

Sin embargo, pueden producirse daños por corriente incluso cuando su intensidad es relativamente baja. Las corrientes eléctricas parásitas pueden deberse a cualquiera de las siguientes causas: convertidores de frecuencia, asimetrías de flujo, diseño del motor, cableado asimétrico, puesta a tierra y maquinaria accionada. En principio, la superficie sufre daños por cráteres poco profundos, muy próximos entre sí y tan pequeños que es necesario ampliarlos (→ **figs. 63** y **64**).

Al cortar el material y ampliarlo con un aumento de aproximadamente 500 veces, se pueden ver los cambios del material (→ **fig. 65**). La zona blanca muestra que el metal se ha endurecido, normalmente de 66 a 68 HRC. Este material es muy duro y frágil. Debajo de la zona endurecida hay una capa negra, recocida por el calor, que es más blanda que el material circundante del rodamiento (de 56 a 57 HRC).

Fig. 63

Fugas de corriente: los cráteres pequeños se pueden observar con un aumento de 500 veces
Clasificación ISO: Fugas de corriente

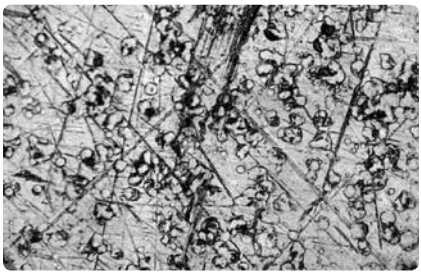


Fig. 64

Cráteres (aumento de 1000 veces)
Clasificación ISO: Fugas de corriente

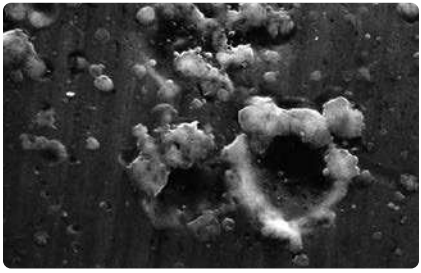
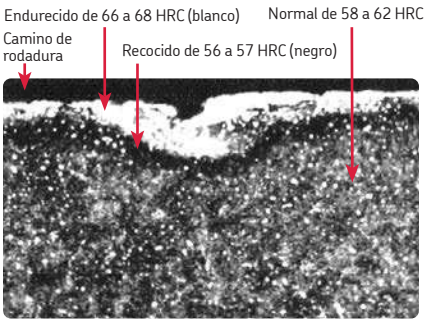


Fig. 65

Cambios del material: sección transversal del aro del rodamiento con un aumento de 500 veces
Clasificación ISO: Fugas de corriente



El alcance de los daños depende de varios factores: el tipo de rodamiento, la intensidad de la corriente (amperios), la duración, la carga del rodamiento, el juego del rodamiento, la velocidad y el lubricante. Con el paso del tiempo, se desarrollarán estrías (también llamadas efecto "ondulación") a partir de los cráteres (→ **figs. 66** y **67**), paralelas al eje de rodadura. Pueden tener una profundidad considerable, y producir ruidos y vibraciones durante el funcionamiento. Finalmente, el rodamiento falla debido a la fatiga del metal. Aparte del patrón de estrías en los aros y rodillos de los rodamientos, hay dos signos más que pueden indicar daños por corrientes eléctricas parásitas: una decoloración gris oscurecida de los elementos rodantes (→ **fig. 68**), junto con una zona de carga muy fina gris mate oscurecida. La grasa que se encuentra en las barras de la jaula, o cerca de ellas, presentará un color negro (carbonizado) (→ **fig. 69**).

Los daños por corriente también pueden producirse por la electricidad estática procedente de correas cargadas o de procesos de fabricación con cuero, papel, tela o caucho. Estas corrientes parásitas atraviesan el eje y el rodamiento hasta llegar a tierra. Cuando la corriente puentea la película de lubricante entre los elementos rodantes y los caminos de rodadura, se producen arcos microscópicos.

NOTA: Para evitar problemas de daños por fugas de corriente, SKF recomienda utilizar rodamientos que ofrezcan aislamiento: rodamientos híbridos o INSOCOAT. Los detectores de paso de descarga eléctrica de SKF pueden ayudar a detectar la presencia de corrientes de descarga eléctrica en los rodamientos.

Fig. 66

Estrías (ondulación) en fase temprana en un rodamiento de rodillos a rótula
Clasificación ISO: Fugas de corriente



Fig. 67

Estrías en una fase avanzada en un rodamiento rígido de bolas
Clasificación ISO: Fugas de corriente

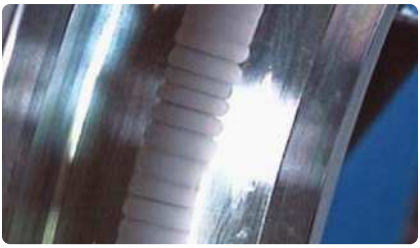


Fig. 68

Izquierda: bola con color opaco causado por la fuga de corriente. Derecha: bola normal
Clasificación ISO: Fugas de corriente



Fig. 69

Grasa quemada en las barras de la jaula
Clasificación ISO: Fugas de corriente




SKF

Soporte de mantenimiento

Introducción **326**

Capacitación **326**
Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad SKF. 326
Capacitación presencial 326
Capacitación personalizada 327
Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad SKF en línea 327
SKF @ptitude Exchange 327
SKF @ptitude Decision Support 327

Revisión de la estrategia de mantenimiento **328**
SKF Client Needs Analysis (Análisis de las necesidades del cliente SKF) 328
Soluciones de mantenimiento integradas . . 329

Gestión de la energía y la sostenibilidad . . **329**
Servicio de monitoreo de energía SKF. 329
Fichas de concientización para el taller 330

Servicios de mantenimiento mecánico . . **330**

Refabricación y reacondicionamiento . . . **331**
Servicios de refabricación SKF 331
Servicios de precisión SKF para máquinas herramienta. 331

Distribuidores Autorizados SKF **331**
SKF Certified Maintenance Partners (Socios de mantenimiento certificados por SKF). 331
SKF Certified Electric Motor Rebuilders (Reconstructores de motores eléctricos certificados por SKF) 331

Introducción

Para darle más apoyo en sus actividades de mantenimiento de la maquinaria, SKF ofrece una amplia gama de servicios de asistencia.

Este capítulo ofrece una visión general de estos servicios. Puede encontrar todos los detalles en línea, en www.skf.com/services y/o www.aptitudexchange.com.

Capacitación

Con la capacitación adecuada, se asegura de que usted y su personal estén debidamente entrenados y tengan las habilidades correctas para mantener y gestionar los activos relacionados con la maquinaria de su planta, reducir los costos de mantenimiento y mejorar la confiabilidad y la productividad de la planta.

SKF ofrece opciones que van desde la capacitación presencial personalizada in situ hasta soluciones de capacitación en línea que pueden realizarse en el momento que le convenga y a su propio ritmo.

Existe una amplia cartera de cursos de capacitación, que cubren la confiabilidad de las máquinas, desde lo básico hasta el nivel de experto.

Independientemente del sector en el que opere o de la maquinaria que utilice, SKF le ayudará a mejorar el mantenimiento de sus activos.

Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad SKF

El Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (Reliability Maintenance Institute, RMI) SKF ofrece un conjunto integral de cursos de capacitación para diferentes niveles de habilidad, con una cartera de capacitación que cubre la mayoría de los aspectos del mantenimiento y la confiabilidad de las máquinas, desde los fundamentos de los rodamientos y la lubricación hasta las estrategias de mantenimiento y la gestión de activos.

Capacitación presencial

Los cursos presenciales tradicionales del RMI, impartidos por instructores especializados, se desarrollan en diversas instalaciones de capacitación de SKF, pero también pueden impartirse in situ, previa solicitud. En la capacitación in situ, el instructor y la experiencia se trasladan a su planta para que pueda aplicar la capacitación directamente a su equipo.

La mayoría de los cursos incluyen una prueba de certificación. Los participantes que superen la prueba obtendrán la certificación SKF en ese curso.



Capacitación personalizada

SKF puede crear programas de capacitación personalizados para empresas individuales según sus requisitos específicos. Para la capacitación de los empleados, de los procesos o de los equipos, los especialistas del RMI se encargan de realizar un análisis de las tareas y habilidades para evaluar las necesidades de capacitación, desarrollar los materiales del curso e implementar un programa de capacitación.

Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad SKF en línea

El área en línea del Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad (RMI) SKF ofrece una cartera cada vez mayor de cursos de aprendizaje electrónico de nivel introductorio que cubren una gama de temas. Esto permite que los participantes realicen el aprendizaje a su propio ritmo y según su conveniencia. El RMI en línea permite la colaboración entre los participantes y los tutores del curso. La función "pregunte al experto" ofrece al participante acceso directo a una amplia red de expertos en la materia de SKF, con lo que se maximiza la eficacia de la experiencia de aprendizaje.

Al igual que los cursos presenciales, los cursos en línea están estructurados para reflejar el proceso de Optimización de la eficiencia de los activos de SKF. Al finalizar un curso, el participante puede evaluar lo que ha aprendido realizando un examen. Todos los participantes que aprueben el curso podrán imprimir sus certificados.

SKF @ptitude Exchange

SKF @ptitude Exchange es la fuente de conocimientos en línea de SKF en materia de mantenimiento y confiabilidad, centrada en tres áreas clave:

- Gestión de activos, p. ej., optimización del mantenimiento y logística
- Mantenimiento mecánico, p. ej., equilibrado, alineación y lubricación
- Ingeniería de confiabilidad, p. ej., mantenimiento predictivo, análisis de vibraciones y técnicas de inspección

El sitio web SKF @ptitude Exchange sirve de biblioteca del Instituto de Mantenimiento de la Confiabilidad SKF, y ofrece una gran cantidad de información técnica de alta calidad para reforzar la enseñanza del curso. Los usuarios registrados tienen a su disposición informes técnicos, artículos, tutoriales y mucho más, por una tarifa, así como acceso a muchos programas y servicios interactivos, entre ellos:

- SKF Bearing Inspector (Herramienta SKF para la inspección de rodamientos), para ayudar a analizar los daños en los rodamientos
- LubeSelect, para la selección del lubricante
- LuBase, para obtener datos específicos de los lubricantes
- SKF.com/mount, para conocer las instrucciones detalladas de montaje de los rodamientos, soportes y unidades
- @ptitude Exchange Forum, para conversar con los especialistas en mantenimiento y confiabilidad

Algunos programas requieren una suscripción.

SKF @ptitude Decision Support

El SKF @ptitude Decision Support es un sistema de gestión del conocimiento que incorpora las tecnologías más avanzadas de la actualidad para integrar datos de múltiples fuentes en una aplicación de mantenimiento de la confiabilidad fácil de usar. Mejora la capacidad del usuario para tomar la decisión correcta en el momento adecuado, ya que ofrece un enfoque estructurado para capturar y aplicar los conocimientos.

Revisión de la estrategia de mantenimiento

¿Cómo y dónde puedo mejorar el rendimiento de la planta? ¿Debo alinear mejor mi planta con los parámetros del sector? ¿Cómo puedo asegurar la mejora continua de los procesos de mantenimiento de mi planta?

Son todas buenas preguntas. Pero encontrar las respuestas correctas e implementar estrategias para abordarlas puede ser desalentador. Con los desafíos operativos diarios y las limitaciones de tiempo, identificar y lograr oportunidades de mejora puede parecer imposible. Aquí, SKF puede contribuir.

Para tener éxito, debe asegurarse de que su estrategia de mantenimiento así como su ejecución estén estrechamente alineadas para lograr los beneficios que espera. Conjuntamente con el equipo de sus instalaciones, su asesor SKF puede proporcionarle las herramientas, técnicas, asesoramiento y orientación para lograrlo.

SKF puede hacer una revisión de su estrategia de mantenimiento, comparándola con la de su sector, y elaborar un informe que le muestre el camino que se debe seguir. A medida que decida cómo introducir mejoras e implementar estas recomendaciones, SKF puede ayudarle en cada etapa del proceso, al proporcionar los conocimientos, las tecnologías y la capacitación que el personal de su planta necesita para obtener el rendimiento deseado.

Como alternativa, SKF puede implementar y ejecutar su programa de mantenimiento de la maquinaria en su nombre, con la experiencia, la mano de obra y los equipos necesarios para obtener los resultados acordados mutuamente.

SKF Client Needs Analysis (Análisis de las necesidades del cliente SKF)

Un punto de partida para evaluar la eficacia de su actual estrategia de mantenimiento puede ser la implementación de un análisis de las necesidades del cliente SKF (SKF Client Needs Analysis). Este servicio puede centrarse en sus estrategias de gestión de activos, en sus problemas relacionados con la eficiencia energética y la sostenibilidad o en ambas cuestiones.

Una estrategia integrada de gestión de activos basada en la confiabilidad y el riesgo comienza con la comprensión de dónde se



encuentra usted hoy, y dónde debería llegar para alcanzar un rendimiento óptimo. El Análisis de las necesidades del cliente SKF ayuda a comprender esto, al combinar nuestra experiencia en el mantenimiento centrado en la confiabilidad con su conocimiento de las condiciones de la planta. El objetivo es proporcionar información útil y procesable para que pueda centrarse en oportunidades viables de mejora del rendimiento.

El Análisis de las necesidades del cliente SKF proporciona una instantánea de la situación actual de su planta, además de tener en cuenta aspectos del mantenimiento y la confiabilidad específicos del sector para crear un análisis único, basado en las necesidades.

Una vez que conozcamos cómo funcionan actualmente sus procesos de mantenimiento de la confiabilidad, le ayudaremos a diseñar una hoja de ruta para superar sus desafíos más apremiantes.

Soluciones de mantenimiento integradas

La base de una solución de mantenimiento integrada (Integrated maintenance solution, IMS) es una asociación en la que SKF se encarga de crear e implementar su estrategia de gestión de activos con el objetivo final de aumentar la confiabilidad y la rentabilidad de su planta. Con un acuerdo de IMS, SKF pasa a formar parte de su equipo operativo. Suministramos rodamientos, sellos y lubricantes, y gestionamos el mantenimiento de su maquinaria. Colaboramos con usted mediante la combinación de nuestra amplia experiencia en la gestión de activos y nuestros conocimientos sobre equipos rotativos para reducir el costo total de propiedad de sus activos.

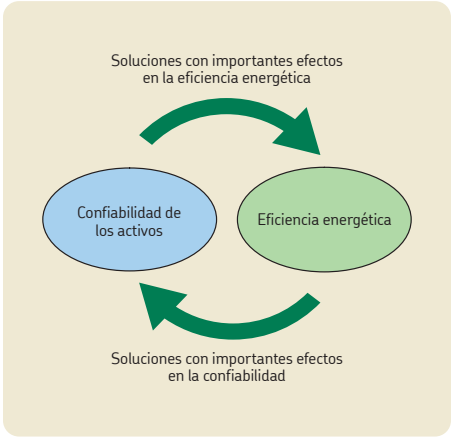
Los beneficios de un vistazo incluyen:

- aumentar la confiabilidad y el tiempo productivo de las máquinas
- gestionar el costo total de propiedad y controlar sus costos de mantenimiento
- actualizar las operaciones de mantenimiento, confiabilidad y habilidades manuales
- evitar gastos de capital en tecnología e inventario
- brindar apoyo oportuno y controlar sus costos de componentes de mantenimiento, reparación y operaciones (maintenance, repair and operations, MRO)
- aprovechar los recursos de ingeniería de SKF



Gestión de la energía y la sostenibilidad

La eficiencia energética puede ser un indicador de la confiabilidad de los activos relacionados con la maquinaria de la planta, como las bombas. Sin embargo, aunque la eficiencia energética puede ser un indicador de la confiabilidad, no puede utilizarse para predecir y detectar problemas de mantenimiento específicos. Por ello, los programas de monitoreo de energía y monitoreo de condición de SKF tienen una relación complementaria, y proporcionan los máximos beneficios y ahorros de costos cuando se implementan en paralelo.



Servicio de monitoreo de energía SKF

SKF ofrece servicios de monitoreo de energía tanto para sistemas de aire comprimido como de bombas. Estos dos servicios pueden servir para

identificar las oportunidades de reducir la factura energética y mejorar el rendimiento medioambiental. Entre los beneficios típicos, se incluyen:

- ahorro de costos: mediante la identificación de oportunidades para la optimización del sistema y la reducción de energía
- gestión experta del programa: recopilación y análisis profesional de datos con recomendaciones de medidas para mejorar la eficiencia del sistema
- mejores prácticas: mediante la combinación de las tecnologías de monitoreo de condición de SKF y las inspecciones basadas en la ruta con las mejores prácticas aceptadas por el sector para monitorear y calcular la energía y las emisiones de CO2
- basado en ODR: mediante la aplicación de herramientas y metodología probadas de confiabilidad dirigida por operarios (Operator Driven Reliability, ODR) para involucrar al personal de la planta y a la gerencia en actividades de concientización y gestión de la energía
- integración: combinación de los datos energéticos con los programas de monitoreo de condición existentes para la selección de datos, el análisis y la presentación de informes
- recursos flexibles: se ejecuta a través de personal interno capacitado por SKF, o por SKF en virtud de un contrato de servicio de campo

Fichas de concientización para el taller

La experiencia del Departamento de Energía de los Estados Unidos sugiere que un programa de concientización integral puede reducir el consumo de energía en un 5% sin necesidad de realizar una inversión de capital considerable.

Las fichas de concientización para el taller sobre energía y sostenibilidad ofrecen a los encargados de primera línea de SKF la oportunidad y las herramientas para involucrar a su equipo en un debate sobre energía y sostenibilidad, de manera que se fomente la participación y las ideas para el ahorro cada vez que se reúnan.

Al igual que muchas empresas que empiezan cada reunión con una conversación sobre seguridad, las fichas de concientización para el taller permiten reservar en cada reunión “un minuto para la energía”. Las fichas presentan temas específicos sobre energía y sostenibilidad en términos no técnicos que los hacen comprensibles y accesibles para los operarios. No están destinadas a su uso como un programa de capacitación integral, sino más bien a poner sobre la mesa con regularidad los temas de energía y sostenibilidad ante los empleados.

Servicios de mantenimiento mecánico

A medida que el mantenimiento de los equipos se complica, debido a los avances tecnológicos y a las leyes medioambientales y de seguridad, más empresas necesitan ayuda con sus operaciones de mantenimiento. SKF ofrece una amplia gama de servicios de mantenimiento mecánico para ayudar a los clientes a alcanzar sus objetivos de mantenimiento. Estos incluyen:

- instalación de máquinas
- alineación de precisión
- mediciones 3D
- mecanizado in situ
- equilibrado de precisión
- montaje y desmontaje de rodamientos
- soluciones de lubricación



Refabricación y reacondicionamiento

Servicios de refabricación SKF

La refabricación puede prolongar la vida útil de sus rodamientos, reducir sus costos de mantenimiento y disminuir el impacto medioambiental. SKF cuenta con una red mundial de centros de servicio de última generación, lo que le permite a usted acceder a nuestras capacidades de refabricación de rodamientos de primera clase. Utilizamos los mismos materiales, métodos y maquinaria de calidad para reacondicionar los rodamientos que utilizamos para fabricarlos, con lo que tendrá la tranquilidad de que sus rodamientos y equipos relacionados, como los soportes, están siendo tratados con el mismo nivel de calidad, procesos de trabajo y conocimientos, independientemente del lugar del mundo en el que se encuentre.

Para determinar si sus rodamientos son adecuados para la refabricación, comuníquese con su representante local de SKF.

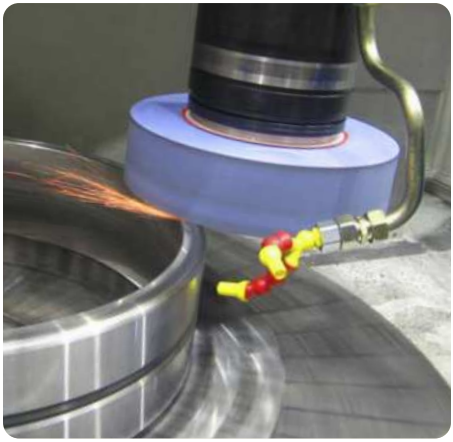
Servicios de precisión SKF para máquinas herramienta

SKF es el mayor proveedor mundial de servicios de reacondicionamiento de husillos, con una amplia gama de servicios expertos altamente especializados, desde actualizaciones de ingeniería hasta análisis, reacondicionamiento y sustitución de husillos.

Distribuidores Autorizados SKF

SKF se esfuerza por desarrollar y apoyar su red de distribuidores para que puedan aportar más valor a sus clientes. Esto significa que los usuarios de los productos SKF pueden confiar en la rapidez de la entrega, el asesoramiento experto y los servicios integrales de su distribuidor SKF.

Nuestra red mundial de distribuidores ofrece la disponibilidad de productos y servicios SKF prácticamente en cualquier parte del mundo. La combinación de los conocimientos globales de SKF y la experiencia de los distribuidores locales es un poderoso recurso para quienes se dedican al mantenimiento y la confiabilidad de la maquinaria industrial.



Para encontrar su Distribuidor Autorizado SKF local, consulte la página web de su país o visite www.skf.com.

SKF Certified Maintenance Partners

Los SKF Certified Maintenance Partners (Socios de Mantenimiento Certificados por SKF) son Distribuidores Autorizados SKF que han recibido una capacitación avanzada sobre la confiabilidad de las máquinas. Pueden ayudar a monitorear el funcionamiento de la máquina, predecir sus fallas y descubrir oportunidades ocultas de ahorro de costos.

SKF Certified Electric Motor Rebuilders

Los SKF Certified Electric Motor Rebuilders (Reconstructores de motores eléctricos certificados por SKF) tienen la experiencia, los recursos y los procedimientos precisos para conseguir una vida útil del motor más larga y confiable, junto con un mayor rendimiento y rentabilidad. Para obtener el prestigioso título de Reconstructor de motores eléctricos certificado por SKF, los talleres de motores eléctricos deben cumplir unos requisitos muy exigentes.

Anexos

Anexo A: Ajustes recomendados 334
A-1 Ajustes para los ejes macizos de acero (para rodamientos radiales con agujero cilíndrico) . 334
A-2 Ajustes para los ejes macizos de acero (para rodamientos axiales) 336
A-3 Ajustes para los soportes de acero y de fundición enterizos (para rodamientos radiales) . . 336
A-4 Ajustes para los soportes de acero y de fundición enterizos o de dos piezas (para rodamientos radiales) 337
A-5 Ajustes para los soportes de acero y de fundición (para rodamientos axiales). 337

Anexo B: Tolerancias de ejes y soportes 338
B-1 Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico). 338
B-2 Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico) 350
B-3 Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas). 360
B-4 Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas). 372
B-5 Desviaciones modificadas del diámetro del eje para su uso con rodamientos en pulgadas . . 382
B-6 Desviaciones modificadas del diámetro del agujero del soporte para su uso con rodamientos en pulgadas. 383
B-7 Diámetro del eje y tolerancias de forma para montaje con manguito 384

Anexo C: Grados de tolerancia ISO 385

Anexo D: Precisión de los asientos de los rodamientos. 386
D-1 Precisión de forma y posición de los asientos de los rodamientos 386
D-2 Rugosidad de la superficie de los asientos de los rodamientos 387
D-3 Dimensiones de los radios de acuerdo en relieve. 387

Anexo E: Juego interno del rodamiento 388
E-1 Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas 388
E-2 Juego axial interno de los rodamientos de bolas de contacto angular para emparejamiento universal 389
E-3 Precarga axial de los rodamientos de bolas de contacto angular para emparejamiento universal 389
E-4 Juego axial interno de los rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular 390
E-5 Juego axial interno de los rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto. 391
E-6 Juego radial interno de los rodamientos de bolas a rótula. 392
E-7 Juego radial interno de los rodamientos de agujas y de rodillos cilíndricos 393
E-8 Juego axial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos NUP 394
E-9 Juego axial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos NJ + HJ 395
E-10 Juego axial interno de los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos métricos apareados 396
E-11 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos a rótula con un agujero cilíndrico 397
E-12 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos a rótula con un agujero cónico 398
E-13 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos toroidales CARB con un agujero cilíndrico. 399
E-14 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos toroidales CARB con un agujero cónico. 400
E-15 Juego radial interno de los rodamientos Y 401

Anexo F: Valores recomendados para el calado axial, la reducción del juego radial interno y el ángulo de apriete de la tuerca de fijación 402
F-1 Datos del calado para rodamientos de bolas a rótula con un agujero cónico 402
F-2 Datos del calado para rodamientos de rodillos a rótula con un agujero cónico 403
F-3 Datos del calado para rodamientos de rodillos toroidales CARB con un agujero cónico. . . . 404

Anexo G: Valores recomendados para la preparación de los componentes asociados para el método de inyección de aceite 405
G-1 Dimensiones recomendadas para los conductos de suministro de aceite y las ranuras de distribución 405
G-2 Diseño y dimensiones recomendadas para los orificios roscados para la conexión del suministro de aceite 405

Anexo H: Valores orientativos para el Método de calado de rodamientos SKF Drive-up 406
H-1 Valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de bolas a rótula 406
H-2 Valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula 407
H-3 Valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos toroidales CARB. 412

Anexo I: Equivalentes de viscosidad del aceite y grados de viscosidad ISO 414
I-1 Equivalentes de viscosidad. 414
I-2 Grados de viscosidad ISO 415

Anexo J: Resumen de herramientas y productos para montaje SKF. 416

Anexo K: Resumen de los equipos de alineación SKF 419

Anexo L: Resumen de herramientas y productos para lubricación SKF 420

Anexo M: Tabla de selección de grasas y grasas para rodamientos SKF 423

Anexo N: Resumen de los instrumentos básicos de monitoreo de condición de SKF 432

Anexo O: Resumen de herramientas y productos para desmontaje SKF. 435

Anexo P: Tabla de conversión de unidades 437

Ajustes para los ejes macizos de acero (para rodamientos radiales con agujero cilíndrico)

Condiciones	Ejemplos	Diámetro del eje en mm				Clase de tolerancia
		Rodamientos de bolas[1]	Rodamientos de rodillos cilíndricos	Rodamientos de rodillos cónicos	Rodamientos CARB y rodamientos de rodillos a rótula	
Carga giratoria en el aro interior o dirección indeterminada de la carga						
Cargas ligeras y variables (P ≤ 0,05 C)	Cintas transportadoras, rodamientos para cajas de engranajes con cargas livianas	≤ 17 (17) a 100 (100) a 140 –	– ≤ 25 (25) a 60 (60) a 140	– ≤ 25 (25) a 60 (60) a 140	– – – –	js5 (h5)[2] j6 (j5)[2] k6 m6
Cargas de normales a pesadas (P > 0,05 C)	Aplicaciones generales de rodamientos, motores eléctricos, turbinas, bombas, engranajes, máquinas de carpintería, turbinas eólicas	≤ 10 (10) a 17 (17) a 100 – (100) a 140 (140) a 200 – (200) a 500 – > 500 – –	– – – ≤ 30 (30) a 50 – (50) a 65 (65) a 100 (100) a 280 – (280) a 500 > 500	– – – ≤ 40 – (40) a 65 – (65) a 200 (200) a 360 – (360) a 500 > 500	– – < 25 – 25 a 40 – (40) a 60 (60) a 100 (100) a 200 – (200) a 500 > 500	js5 j5 (js5)[2] k5[3] k6 m5 m6 n5[4] n6[4] p6[5] p7[4] r6[4] r7[4]
De cargas pesadas a muy pesadas y cargas de choque en condiciones de funcionamiento difíciles (P > 0,1 C)	Cajas de engranajes para vehículos ferroviarios pesados, motores de tracción, laminadores	– – – – – –	(50) a 65 (65) a 85 (85) a 140 (140) a 300 (300) a 500 > 500	– (50) a 110 (110) a 200 (200) a 500 – > 500	(50) a 70 – (70) a 140 (140) a 280 (280) a 400 > 400	n5[4] n6[4] p6[6] r6[7] $s6_{min}$ ± IT6/2[6][8] $s7_{min}$ ± IT7/2[6][8]
Altas exigencias sobre la precisión de giro con cargas livianas (P ≤ 0,05 C) [10]	Máquinas herramienta	8 a 240 – – – –	– 25 a 40 (40) a 140 (140) a 200 (200) a 500	– 25 a 40 (40) a 140 (140) a 200 (200) a 500	– – – – –	js4 js4 (j5)[9] k4 (k5)[9] m5 n5
Carga fija sobre el aro interior						
Fácil desplazamiento axial del aro interior en el eje deseable	Ruedas sobre ejes fijos					g6[11]
Fácil desplazamiento axial del aro interior en el eje innecesario	Poleas tensoras, poleas para cuerdas					h6
Cargas puramente axiales						
	Aplicaciones de rodamientos de todo tipo	≤ 250 > 250	– –	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	j6 js6

1) Los rodamientos de bolas sometidos a cargas de normales a pesadas (P > 0,05 C) suelen requerir un juego radial superior al normal cuando se utilizan las clases de tolerancia del eje que se especifican más arriba. Si el juego radial es mayor que el normal, pero las condiciones de funcionamiento exigen un ajuste más apretado para evitar que el aro interior gire (se deslice), utilice las clases de tolerancia que se indican a continuación:
   - k4 para diámetros de eje de 10 a 17 mm
   - k5 para diámetros de eje de (17) a 25 mm
   - m5 para diámetros de eje de (25) a 140 mm
   - n6 para diámetros de eje de (140) a 300 mm
   - p6 para diámetros de eje de (300) a 500 mm

   Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
2) La clase de tolerancia entre paréntesis se aplica a los rodamientos de acero inoxidable.
3) Para los rodamientos de acero inoxidable dentro del rango de diámetros de 17 a 30 mm, se aplica la clase de tolerancia j5.
4) Podría ser necesario usar rodamientos con un juego radial interno superior al normal.
5) Se recomienda utilizar rodamientos con juego radial interno superior al normal cuando d ≤ 150 mm. Cuando d > 150 mm, podrían ser necesarios rodamientos con un juego radial interno superior al normal.
6) Se recomienda utilizar rodamientos con juego radial interno superior al normal.
7) Podría ser necesario utilizar rodamientos con un juego radial interno superior al normal. Para rodamientos de rodillos cilíndricos, se recomienda un juego radial interno superior al normal.
8) Para conocer los valores de la clase de tolerancia, visite www.skf.com/bearings o comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
9) La clase de tolerancia entre paréntesis se aplica a los rodamientos de rodillos cónicos. Para los rodamientos de rodillos cónicos con cargas ligeras ajustados mediante el aro interior, se debe utilizar la clase de tolerancia js5 o js6.
10) Para altas exigencias de precisión de giro, se deben utilizar rodamientos con una precisión mayor que el valor normal. Las tolerancias del diámetro del agujero y del diámetro exterior de estos rodamientos son más restringidas, lo que influye en los ajustes probables. Para obtener otros valores relevantes, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
11) La clase de tolerancia f6 puede seleccionarse para rodamientos de gran tamaño a fin de soportar un fácil desplazamiento axial.

Anexo A-2

Ajustes para ejes macizos de acero (para rodamientos axiales)

Condiciones	Diámetro del eje en mm	Clase de tolerancia
Cargas puramente axiales		
Rodamientos axiales de bolas	–	h6
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	–	h6 (h8)
Conjuntos axiales de jaula y rodillos cilíndricos	–	h8
Cargas radiales y axiales combinadas que actúan sobre rodamientos axiales de rodillos a rótula		
Carga fija sobre la arandela del eje	≤ 250	j6
	> 250	js6
Carga giratoria sobre la arandela del eje o dirección indeterminada de la carga	≤ 200	k6
	(200) to 400	m6
	> 400	n6

Anexo A-3

Ajustes para soportes de acero y de fundición enterizos (para rodamientos radiales)

Condiciones	Ejemplos	Clase de tolerancia[1]	Desplazamiento del aro exterior
Carga giratoria sobre el aro exterior			
Cargas pesadas sobre rodamientos en soportes de paredes delgadas, cargas de choque pesadas (P > 0,1 C)	Cubos de rueda con rodamientos de rodillos, cabezas de biela	P7	No es posible el desplazamiento
Cargas de normales a pesadas (P > 0,05 C)	Cubos de rueda con rodamientos de bolas, cabezas de biela, rodillos de traslación de grúas	N7	No es posible el desplazamiento
Cargas ligeras y variables (P ≤ 0,05 C)	Rodillos de cintas transportadoras, poleas para cuerdas, poleas tensoras para correas	M7	No es posible el desplazamiento
Dirección indeterminada de la carga			
Cargas de choque pesadas	Motores eléctricos de tracción	M7	No es posible el desplazamiento
Cargas de normales a pesadas (P > 0,05 C), desplazamiento axial del aro exterior innecesario	Motores eléctricos, bombas, rodamientos para cigüeñales	K7	No es posible el desplazamiento como regla general
Funcionamiento preciso o silencioso[2]			
Rodamientos de bolas	Motores eléctricos pequeños	J6[3]	Es posible el desplazamiento
Rodamientos de rodillos cónicos	Cuando se ajusta mediante el aro exterior	JS5	–
	Aro exterior fijado axialmente	K5	–
	Carga giratoria sobre el aro exterior	M5	–

[1] En el caso de los rodamientos de bolas con D ≤ 100 mm, a menudo, se prefiere el grado de tolerancia IT6 y se lo recomienda para rodamientos con aros de paredes delgadas, p. ej., los de las series de diámetros 7, 8 o 9. Para estas series, también se recomiendan los grados de tolerancias de cilindricidad IT4.
[2] Para los rodamientos de alta precisión y de superprecisión con una clase de tolerancia P5 o superior, se aplican otras recomendaciones. Para obtener más información, visite www.skf.com/bearings.
[3] Cuando se requiera un desplazamiento axial fácil, hay que utilizar la clase de tolerancia H6.

Anexo A-4

Ajustes para soportes de acero y de fundición enterizos o de dos piezas (para rodamientos radiales)

Condiciones	Ejemplos	Clase de tolerancia[1]	Desplazamiento del aro exterior
Dirección indeterminada de la carga			
Cargas de ligeras a normales (P ≤ 0,1 C), desplazamiento axial del aro exterior deseable	Generadores y motores eléctricos medianos, bombas, rodamientos para cigüeñales	J7	Es posible el desplazamiento como regla general, pero puede producirse alguna fuerza axial (inducida)
Carga fija sobre el aro exterior			
Cargas de todo tipo	Aplicaciones de ingeniería en general, cajas de grasa de ferrocarril	H7[2]	Es posible el desplazamiento como regla general
Cargas de ligeras a normales (P ≤ 0,1 C) en condiciones de funcionamiento simples	Ingeniería en general	H8	Es posible el desplazamiento
Dilatación térmica del eje	Cilindros de secado, máquinas eléctricas grandes con rodamientos de rodillos a rótula	G7[3]	Es posible el desplazamiento

1) En el caso de los rodamientos de bolas con D ≤ 100 mm, a menudo, se prefiere el grado de tolerancia IT6 y se lo recomienda para rodamientos con aros de paredes delgadas, p. ej., los de las series de diámetros 7, 8 o 9. Para estas series, también se recomiendan los grados de tolerancias de cilindricidad IT4.
2) En el caso de los rodamientos de gran tamaño (D > 250 mm), cuando se presentan diferencias de temperatura > 10 °C entre el aro exterior y el soporte, debe usarse la clase de tolerancia G7 en lugar de la H7.
3) En el caso de los rodamientos de gran tamaño (D > 250 mm), cuando se presentan diferencias de temperatura > 10 °C entre el aro exterior y el soporte, debe usarse la clase de tolerancia F7 en lugar de la G7.

Anexo A-5

Ajustes para soportes de acero y de fundición (para rodamientos axiales)

Condiciones	Clase de tolerancia	Observaciones
Cargas puramente axiales		
Rodamientos axiales de bolas	H8	Para disposiciones de rodamientos menos precisas, puede existir un juego radial de hasta 0,001 D.
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	H7 (H9)	
Conjuntos axiales de jaula y rodillos cilíndricos	H10	
Rodamientos axiales de rodillos a rótula en los que los rodamientos desmontables garantizan la fijación radial	–	La arandela del soporte debe montarse con un juego radial adecuado para que ninguna carga radial pueda actuar sobre los rodamientos axiales
Cargas radiales y axiales combinadas en rodamientos axiales de rodillos a rótula		
Carga fija sobre la arandela del soporte	H7	Para obtener más información, visite www.skf.com/bearings
Carga giratoria sobre la arandela del soporte	M7	

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				f5		f6		g5		g6		h5	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia (-)/juego (+) probables									
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	–40	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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				f5		f6		g5		g6		h5	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
	hasta			Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	incl.	inf.	sup.	Interferencia (-)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
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
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

13

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		Rodamiento Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes Clases de tolerancia									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				js4		js5		js6		js7		k4	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
	hasta			Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** 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									
500	**630**	–50	0	–	–	+14	–14	+22	–22	+35	–35	–	–
				–	–	–64	+14	–72	+22	–85	+35	–	–
				–	–	–54	+4	–59	+9	–69	+19	–	–
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	–	–

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				k5		k6		m5		m6		n5	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (-) teórica									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				k5		k6		m5		m6		n5	
				Desviaciones (diámetro del eje)									
				Interferencia (-) teórica									
más de	hasta incl.	inf.	sup.	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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		Rodamiento Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes 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

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** 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

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		Rodamiento Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes Clases de tolerancia			
				$s6_{min}$ ± IT6/2		$s7_{min}$ ± IT7/2	
				Desviaciones (diámetro del eje)			
				Interferencia (-) teórica			
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (-)			
mm		µm		µm			
200	**225**	–30	0	+144	+115	+153	+107
				–174	–115	–183	–107
				–166	–123	–173	–117
225	**250**	–30	0	+154	+125	+163	+117
				–184	–125	–193	–117
				–176	–133	–183	–127
250	**280**	–35	0	+174	+142	+184	+132
				–209	–142	–219	–132
				–200	–151	–207	–144
280	**315**	–35	0	+186	+154	+196	+144
				–221	–154	–231	–144
				–212	–163	–219	–156
315	**355**	–40	0	+208	+172	+218	+161
				–248	–172	–258	–161
				–237	–183	–245	–174
355	**400**	–40	0	+226	+190	+236	+179
				–266	–190	–276	–179
				–255	–201	–263	–192
400	**450**	–45	0	+252	+212	+263	+200
				–297	–212	–308	–200
				–285	–224	–293	–215
450	**500**	–45	0	+272	+232	+283	+220
				–317	–232	–328	–220
				–305	–244	–313	–235
500	**560**	–50	0	+302	+258	+315	+245
				–352	–258	–365	–245
				–339	–271	–349	–261
560	**630**	–50	0	+332	+288	+345	+275
				–382	–288	–395	–275
				–369	–301	–379	–291
630	**710**	–75	0	+365	+315	+380	+300
				–440	–315	–455	–300
				–423	–332	–433	–322
710	**800**	–75	0	+405	+355	+420	+340
				–480	–355	–495	–340
				–463	–372	–473	–362
800	**900**	–100	0	+458	+402	+475	+385
				–558	–402	–575	–385
				–538	–422	–548	–412
900	**1 000**	–100	0	+498	+442	+515	+425
				–598	–442	–615	–425
				–578	–462	–588	–452

Anexo B-1

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (métrico)



Eje Diámetro nominal d		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro del agujero Δ_{dmp}		**Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes** Clases de tolerancia			
				$s6_{min}$ ± IT6/2		$s7_{min}$ ± IT7/2	
				Desviaciones (diámetro del eje)			
				Interferencia (-) teórica			
más de	hasta incl.	inf.	sup.	Interferencia probable (-)			
mm		µm		µm			
1 000	**1 120**	–125	0	+553	+487	+572	+467
				–678	–487	–697	–467
				–654	–511	–664	–500
1 120	**1 250**	–125	0	+613	+547	+632	+527
				–738	–547	–757	–527
				–714	–571	–724	–560
1 250	**1 400**	–160	0	+679	+601	+702	+577
				–839	–601	–862	–577
				–809	–631	–822	–617
1 400	**1 600**	–160	0	+759	+681	+782	+657
				–919	–681	–942	–657
				–889	–711	–902	–697
1 600	**1 800**	–200	0	+866	+774	+895	+745
				–1 066	–774	–1 095	–745
				–1 031	–809	–1 045	–795
1 800	**2 000**	–200	0	+966	+874	+995	+845
				–1 166	–874	–1 195	–845
				–1 131	–909	–1 145	–895

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				F7		G6		G7		H5		H6	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Juego teórico (+)									
				Juego probable (+)									
más de	hasta incl.	sup.	inf.										
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

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



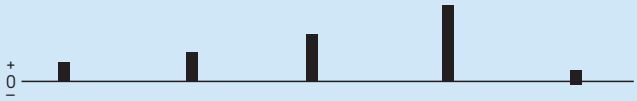
Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				F7		G6		G7		H5		H6	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
	hasta			Juego teórico (+)									
más de	incl.	sup.	inf.	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

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



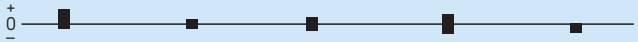
Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
	hasta			Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	incl.	sup.	inf.	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	–	–
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	–	–

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



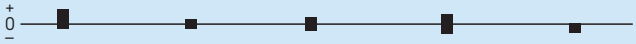
Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	sup.	inf.	Interferencia (-)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
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	–	–

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
	hasta			Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	incl.	sup.	inf.	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	–	–
630	**800**	0	–75	–	–	–16	+16	–25	+25	–40	+40	–	–
				–	–	–16	+91	–25	+100	–40	+115	–	–
				–	–	–4	+79	–8	+83	–18	+93	–	–

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
				Interferencia (-)/juego (+) probables									
más de	hasta incl.	sup.	inf.										
mm		µm		µm									
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	–	–

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
				Interferencia (-)/juego (+) probables									
más de	hasta incl.	sup.	inf.										
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
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

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)									
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos									
más de	hasta incl.	sup.	inf.	Interferencia (-)/juego (+) probables									
mm		µm		µm									
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

Anexo B-2

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		Rodamiento Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes Clases de tolerancia							
				N6		N7		P6		P7	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)							
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos							
				Interferencia (-)/juego (+) probables							
más de	hasta incl.	sup.	inf.								
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
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

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (métrico)



Soporte Diámetro nominal del agujero D		**Rodamiento** Tolerancia del diámetro exterior Δ_{Dmp}		**Desviaciones del diámetro del agujero del soporte, ajustes resultantes** Clases de tolerancia							
				N6		N7		P6		P7	
				Desviaciones (diámetro del agujero del soporte)							
				Interferencia (-)/juego (+) teóricos							
más de	hasta incl.	sup.	inf.	Interferencia (-)/juego (+) probables							
mm		µm		µm							
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

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento d			Ajustes resultantes Clases de tolerancia f5 Diámetro del eje			f6 Diámetro del eje			g5 Diámetro del eje			g6 Diámetro del eje		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
4	0.1575	0.1572	0.1571	0.1569	1 L	0.1571	0.1568	1 L	0.1573	0.1571	4 L	0.1573	0.1570	5 L
5	0.1969	0.1966	0.1965	0.1963	6 L	0.1965	0.1962	7 L	0.1967	0.1965	1 T	0.1967	0.1964	1 T
6	0.2362	0.2359	0.2358	0.2356		0.2358	0.2355		0.2360	0.2358		0.2360	0.2357	
7	0.2756	0.2753	0.2751	0.2749		0.2751	0.2747		0.2754	0.2752		0.2754	0.2750	
8	0.3150	0.3147	0.3145	0.3143	2 L	0.3145	0.3141	2 L	0.3148	0.3146	4 L	0.3148	0.3144	6 L
9	0.3543	0.3540	0.3538	0.3536	7 L	0.3538	0.3534	9 L	0.3541	0.3539	1 T	0.3541	0.3537	1 T
10	0.3937	0.3934	0.3932	0.3930		0.3932	0.3928		0.3935	0.3933		0.3935	0.3931	
12	0.4724	0.4721	0.4718	0.4714	3 L	0.4718	0.4713	3 L	0.4722	0.4720	4 L	0.4722	0.4717	7 L
15	0.5906	0.5903	0.5900	0.5896	10 L	0.5900	0.5895	11 L	0.5904	0.5902	1 T	0.5904	0.5899	1 T
17	0.6693	0.6690	0.6687	0.6683		0.6687	0.6682		0.6691	0.6689		0.6691	0.6686	
20	0.7874	0.7870	0.7866	0.7863	4 L	0.7866	0.7861	4 L	0.7871	0.7868	6 L	0.7871	0.7866	8 L
25	0.9843	0.9839	0.9835	0.9832	11 L	0.9835	0.9830	13 L	0.9840	0.9837	1 T	0.9840	0.9835	1 T
30	1.1811	1.1807	1.1803	1.1800		1.1803	1.1798		1.1808	1.1805		1.1808	1.1803	
35	1.3780	1.3775	1.3770	1.3766		1.3770	1.3763		1.3776	1.3772		1.3776	1.3770	
40	1.5748	1.5743	1.5738	1.5734	5 L	1.5738	1.5731	5 L	1.5744	1.5740	8 L	1.5744	1.5738	10 L
45	1.7717	1.7712	1.7707	1.7703	14 L	1.7707	1.7700	17 L	1.7713	1.7709	1 T	1.7713	1.7707	1 T
50	1.9685	1.9680	1.9675	1.9671		1.9675	1.9668		1.9681	1.9677		1.9681	1.9675	
55	2.1654	2.1648	2.1642	2.1637		2.1642	2.1634		2.1650	2.1645		2.1650	2.1643	
60	2.3622	2.3616	2.3610	2.3605		2.3610	2.3602		2.3618	2.3613		2.3618	2.3611	
65	2.5591	2.5585	2.5579	2.5574	6 L	2.5579	2.5571	6 L	2.5587	2.5582	9 L	2.5587	2.5580	11 L
70	2.7559	2.7553	2.7547	2.7542	17 L	2.7547	2.7539	20 L	2.7555	2.7550	2 T	2.7555	2.7548	2 T
75	2.9528	2.9522	2.9516	2.9511		2.9516	2.9508		2.9524	2.9519		2.9524	2.9517	
80	3.1496	3.1490	3.1484	3.1479		3.1484	3.1476		3.1492	3.1487		3.1492	3.1485	
85	3.3465	3.3457	3.3451	3.3445		3.3450	3.3442		3.3460	3.3454		3.3460	3.3452	
90	3.5433	3.5425	3.5419	3.5413		3.5418	3.5410		3.5428	3.5422		3.5428	3.5420	
95	3.7402	3.7394	3.7388	3.7382		3.7387	3.7379		3.7397	3.7391		3.7397	3.7389	
100	3.9370	3.9362	3.9356	3.9350	6 L	3,9355	3.9347	7 L	3.9365	3.9359	11 L	3.9365	3.9357	13 L
105	4.1339	4.1331	4.1325	4.1319	20 L	4.1324	4.1316	23 L	4.1334	4.1328	3 T	4.1334	4.1326	3 T
110	4.3307	4.3299	4.3293	4.3287		4.3292	4.3284		4.3302	4.3296		4.3302	4.3294	
120	4.7244	4.7236	4.7230	4.7224		4.7229	4.7221		4.7239	4.7233		4.7239	4.7231	
130	5.1181	5.1171	5.1164	5.1157		5.1164	5.1154		5.1176	5.1169		5.1175	5.1166	
140	5.5118	5.5108	5.5101	5.5094		5.5101	5.5091		5.5113	5.5106		5.5112	5.5103	
150	5.9055	5.9045	5.9038	5.9031	7 L	5.9038	5.9028	7 L	5.9050	5.9043	12 L	5.9049	5.9040	15 L
160	6.2992	6.2982	6.2975	6.2968	24 L	6.2975	6.2965	27 L	6.2987	6.2980	5 T	6.2986	6.2977	4 T
170	6.6929	6.6919	6.6912	6.6905		6.6912	6.6902		6.6924	6.6917		6.6923	6.6914	
180	7.0866	7.0856	7.0849	7.0842		7.0849	7.0839		7.0861	7.0854		7.0860	7.0851	
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4776		7.4783	7.4772		7.4797	7.4789		7.4797	7.4786	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8713	8 L	7.8720	7.8709	8 L	7.8734	7.8726	14 L	7.8734	7.8723	17 L
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6587	27 L	8.6594	8.6583	31 L	8.6608	8.6600	6 T	8.6608	8.6597	6 T
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4461		9.4468	9.4457		9.4482	9.4474		9.4482	9.4471	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-3

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento d			**Ajustes resultantes** Clases de tolerancia f5 Diámetro del eje			f6			g5			g6		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2331	8 L	10.2340	10.2328	8 L	10.2356	10.2346	16 L	10.2355	10.2343	19 L
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0205	31 L	11.0214	11.0202	34 L	11.0230	11.0220	8 T	11.0229	11.0217	7 T
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8079		11.8088	11.8076		11.8104	11.8094		11.8103	11.8091	
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5950		12.5960	12.5946		12.5977	12.5967		12.5977	12.5963	
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3824	8 L	13.3834	13.3820	8 L	13.3851	13.3841	17 L	13.3851	13.3837	21 L
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1698	34 L	14.1708	14.1694	38 L	14.1725	14.1715	9 T	14.1725	14.1711	9 T
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9572		14.9582	14.9568		14.9599	14.9589		14.9599	14.9585	
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7446		15.7456	15.7442		15.7473	15.7463		15.7473	15.7459	
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5317		16.5328	16.5312		16.5346	16.5336		16.5346	16.5330	
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3191	8 L	17.3202	17.3186	8 L	17.3220	17.3210	18 L	17.3220	17.3204	24 L
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1065	37 L	18.1076	18.1060	42 L	18.1094	18.1084	10 T	18.1094	18.1078	10 T
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8939		18.8950	18.8934		18.8968	18.8958		18.8968	18.8952	
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6813		19.6824	19.6808		19.6842	19.6832		19.6842	19.6826	
530	20.8661	20.8641	20.8632	20.8621		20.8632	20.8614		20.8653	20.8642		20.8652	20.8635	
560	22.0472	22.0452	22.0443	22.0432	9 L	22.0443	22.0425	9 L	22.0464	22.0453	19 L	22.0463	22.0446	26 L
600	23.6220	23.6200	23.6191	23.6180	40 L	23.6191	23.6173	47 L	23.6212	23.6201	12 T	23.6211	23.6194	11 T
630	24.8031	24.8011	24.8002	24.7991		24.8002	24.7984		24.8023	24.8012		24.8022	24.8005	
670	26.3780	26.3750	26.3748	26.3735		26.3748	26.3728		26.3770	26.3758		26.3771	26.3751	
710	27.9528	27.9498	27.9496	27.9483	2 L	27.9496	27.9476	2 L	27.9518	27.9506	22 L	27.9519	27.9499	29 L
750	29.5276	29.5246	29.5244	29.5231	45 L	29.5244	29.5224	52 L	29.5266	29.5254	20 T	29.5267	29.5247	21 T
800	31.4961	31.4931	31.4929	31.4916		31.4929	31.4909		31.4951	31.4939		31.4952	31.4932	
850	33.4646	33.4607	33.4612	33.4598		33.4612	33.4590		33.4635	33.4621		33.4636	33.4614	
900	35.4331	35.4292	35.4297	35.4283	48 L	35.4297	35.4275	56 L	35.4320	35.4306	25 L	35.4321	35.4299	32 L
950	37.4016	37.3977	37.3982	37.3968	5 T	37.3982	37.3960	5 T	37.4005	37.3991	28 T	37.4006	37.3984	29 T
1 000	39.3701	39.3662	39.3667	39.3653		39.3667	39.3645		39.3690	39.3676		39.3691	39.3669	
1 060	41.7323	41.7274	41.7284	41.7268		41.7284	41.7258		41.7312	41.7295		41.7312	41.7286	
1 120	44.0945	44.0896	44.0906	44.0890	55 L	44.0906	44.0880	65 L	44.0934	44.0917	28 L	44.0934	44.0908	37 L
1 180	46.4567	46.4518	46.4528	46.4512	10 T	46.4528	46.4502	10 T	46.4556	46.4539	38 T	46.4556	46.4530	38 T
1 250	49.2126	49.2077	49.2087	49.2071		49.2087	49.2061		49.2115	49.2098		49.2115	49.2089	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-3

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento d			Ajustes resultantes Clases de tolerancia h5 Diámetro del eje			h6 Diámetro del eje			h8 Diámetro del eje			h9 Diámetro del eje		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
4	0.1575	0.1572	0.1575	0.1573	2 L	0.1575	0.1572	3 L	0.1575	0.1568	7 L	0.1575	0.1563	12 L
5	0.1969	0.1966	0.1969	0.1967	3 T	0.1969	0.1966	3 T	0.1969	0.1962	3 T	0.1969	0.1957	3 T
6	0.2362	0.2359	0.2362	0.2360		0.2362	0.2359		0.2362	0.2355		0.2362	0.2350	
7	0.2756	0.2753	0.2756	0.2754		0.2756	0.2752		0.2756	0.2747		0.2756	0.2742	
8	0.3150	0.3147	0.3150	0.3148	2 L	0.3150	0.3146	4 L	0.3150	0.3141	9 L	0.3150	0.3136	14 L
9	0.3543	0.3540	0.3543	0.3541	3 T	0.3543	0.3539	3 T	0.3543	0.3534	3 T	0.3543	0.3529	3 T
10	0.3937	0.3934	0.3937	0.3935		0.3937	0.3933		0.3937	0.3928		0.3937	0.3923	
12	0.4724	0.4721	0.4724	0.4721	3 L	0.4724	0.4720	4 L	0.4724	0.4713	11 L	0.4724	0.4707	17 L
15	0.5906	0.5903	0.5906	0.5903	3 T	0.5906	0.5902	3 T	0.5906	0.5895	3 T	0.5906	0.5889	3 T
17	0.6693	0.6690	0.6693	0.6690		0.6693	0.6689		0.6693	0.6682		0.6693	0.6676	
20	0.7874	0.7870	0.7874	0.7870	4 L	0.7874	0.7869	5 L	0.7874	0.7861	13 L	0.7874	0.7854	20 L
25	0.9843	0.9839	0.9843	0.9839	4 T	0.9843	0.9838	4 T	0.9843	0.9830	4 T	0.9843	0.9823	4 T
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1807		1.1811	1.1806		1.1811	1.1798		1.1811	1.1791	
35	1.3780	1.3775	1.3780	1.3776		1.3780	1.3774		1.3780	1.3765		1.3780	1.3756	
40	1.5748	1.5743	1.5748	1.5744	4 L	1.5748	1.5742	6 L	1.5748	1.5733	15 L	1.5748	1.5724	24 L
45	1.7717	1.7712	1.7717	1.7713	5 T	1.7717	1.7711	5 T	1.7717	1.7702	5 T	1.7717	1.7693	5 T
50	1.9685	1.9680	1.9685	1.9681		1.9685	1.9679		1.9685	1.9670		1.9685	1.9661	
55	2.1654	2.1648	2.1654	2.1649		2.1654	2.1647		2.1654	2.1636		2.1654	2.1624	
60	2.3622	2.3616	2.3622	2.3617		2.3622	2.3615		2.3622	2.3604		2.3622	2.3592	
65	2.5591	2.5585	2.5591	2.5586	5 L	2.5591	2.5584	7 L	2.5591	2.5573	18 L	2.5591	2.5561	30 L
70	2.7559	2.7553	2.7559	2.7554	6 T	2.7559	2.7552	6 T	2.7559	2.7541	6 T	2.7559	2.7529	6 T
75	2.9528	2.9522	2.9528	2.9523		2.9528	2.9521		2.9528	2.9510		2.9528	2.9498	
80	3.1496	3.1490	3.1496	3.1491		3.1496	3.1489		3.1496	3.1478		3.1496	3.1466	
85	3.3465	3.3457	3.3465	3.3459		3.3465	3.3456		3.3465	3.3444		3.3465	3.3431	
90	3.5433	3.5425	3.5433	3.5427		3.5433	3.5424		3.5433	3.5412		3.5433	3.5399	
95	3.7402	3.7394	3.7402	3.7396	6 L	3.7402	3.7393	9 L	3.7402	3.7381	21 L	3.7402	3.7368	34 L
100	3.9370	3.9362	3.9370	3.9364	8 T	3.9370	3.9361	8 T	3.9370	3.9349	8 T	3.9370	3.9336	8 T
105	4.1339	4.1331	4.1339	4.1333		4.1339	4.1330		4.1339	4.1318		4.1339	4.1305	
110	4.3307	4.3299	4.3307	4.3301		4.3307	4.3298		4.3307	4.3286		4.3307	4.3273	
120	4.7244	4.7236	4.7244	4.7238		4.7244	4.7235		4.7244	4.7223		4.7244	4.7210	
130	5.1181	5.1171	5.1181	5.1174		5.1181	5.1171		5.1181	5.1156		5.1181	5.1142	
140	5.5118	5.5108	5.5118	5.5111		5.5118	5.5108		5.5118	5.5093		5.5118	5.5079	
150	5.9055	5.9045	5.9055	5.9048	7 L	5.9055	5.9045	10 L	5.9055	5.9030	25 L	5.9055	5.9016	39 L
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.2985	10 T	6.2992	6.2982	10 T	6.2992	6.2967	10 T	6.2992	6.2953	10 T
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6922		6.6929	6.6919		6.6929	6.6904		6.6929	6.6890	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0859		7.0866	7.0856		7.0866	7.0841		7.0866	7.0827	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4795		7.4803	7.4792		7.4803	7.4775		7.4803	7.4758	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8732	8 L	7.8740	7.8729	11 L	7.8740	7.8712	28 L	7.8740	7.8695	45 L
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6606	12 T	8.6614	8.6603	12 T	8.6614	8.6586	12 T	8.6614	8.6569	12 T
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4480		9.4488	9.4477		9.4488	9.4460		9.4488	9.4443	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
d			h5 Diámetro del eje			h6 Diámetro del eje			h8 Diámetro del eje			h9 Diámetro del eje			
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2353	9 L	10.2362	10.2349	13 L	10.2362	10.2330	32 L	10,2362	10.2311	51 L
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0227	14 T	11.0236	11.0223	14 T	11.0236	11.0204	14 T	11,0236	11.0185	14 T
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8101		11.8110	11.8097		11.8110	11.8078		11.8110	11.8059	
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.5974		12.5984	12.5970		12.5984	12.5949		12.5984	12.5929	
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3848	10 L	13.3858	13.3844	14 L	13.3858	13.3823	35 L	13.3858	13.3803	55 L
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1722	16 T	14.1732	14.1718	16 T	14.1732	14.1697	16 T	14.1732	14.1677	16 T
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9596		14.9606	14.9592		14.9606	14.9571		14.9606	14.9551	
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7470		15.7480	15.7466		15.7480	15.7445		15.7480	15.7425	
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5343		16.5354	16.5338		16.5354	16.5316		16.5354	16.5293	
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3217	11 L	17.3228	17.3212	16 L	17.3228	17.3190	38 L	17.3228	17.3167	61 L
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1091	18 T	18.1102	18.1086	18 T	18.1102	18.1064	18 T	18.1102	18.1041	18 T
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.8965		18.8976	18.8960		18.8976	18.8938		18.8976	18.8915	
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6839		19.6850	19.6834		19.6850	19.6812		19.6850	19.6789	
530	20.8661	20.8641	–	–		20.8661	20.8644		20.8661	20.8618		20.8661	20.8593	
560	22.0472	22.0452	–	–	–	22.0472	22.0455	17 L	22.0472	22.0429	43 L	22.0472	22.0404	68 L
600	23.6220	23.6200	–	–	–	23.6220	23.6203	20 T	23.6220	23.6177	20 T	23.6220	23.6152	20 T
630	24.8031	24.8011	–	–		24.8031	24.8014		24.8031	24.7988		24.8031	24.7963	
670	26.3780	26.3750	–	–		26.3780	26.3760		26.3780	26.3731		26.3780	26.3701	
710	27.9528	27.9498	–	–	–	27.9528	27.9508	20 L	27.9528	27.9479	49 L	27.9528	27.9449	79 L
750	29.5276	29.5246	–	–	–	29.5276	29.5256	30 T	29.5276	29.5227	30 T	29.5276	29.5197	30 T
800	31.4961	31.4931	–	–		31.4961	31.4941		31.4961	31.4912		31.4961	31.4882	
850	33.4646	33.4607	–	–		33.4646	33.4624		33.4646	33.4591		33.4646	33.4555	
900	35.4331	35.4292	–	–	–	35.4331	35.4309	22 L	35.4331	35.4276	55 L	35.4331	35.4240	91 L
950	37.4016	37.3977	–	–	–	37.4016	37.3994	39 T	37.4016	37.3961	39 T	37.4016	37.3925	39 T
1 000	39.3701	39.3662	–	–		39.3701	39.3679		39.3701	39.3646		39.3701	39.3610	
1 060	41.7323	41.7274	–	–		41.7323	41.7297		41.7323	41.7258		41.7323	41.7221	
1 120	44.0945	44.0896	–	–	–	44.0945	44.0919	26 L	44.0945	44.0880	65 L	44.0945	44.0843	102 L
1 180	46.4567	46.4518	–	–	–	46.4567	46.4541	49 T	46.4567	46.4502	49 T	46.4567	46.4465	49 T
1 250	49.2126	49.2077	–	–		49.2126	49.2100		49.2126	49.2061		49.2126	49.2024	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento d			Ajustes resultantes Clases de tolerancia j5 Diámetro del eje			j6 Diámetro del eje			js4 Diámetro del eje			js5 Diámetro del eje		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
4	0.1575	0.1572	0.1576	0.1574	1 L 4 T	0.1577	0.1574	1 L 5 T	–	–	–	0.1576	0.1574	1 L 4 T
5	0.1969	0.1966	0.1970	0.1968		0.1971	0.1968		–	–	–	0.1970	0.1968	
6	0.2362	0.2359	0.2363	0.2361		0.2364	0.2361		–	–	–	0.2363	0.2361	
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2755	1 L 5 T	0.2759	0.2755	1 L 6 T	0.2757	0.2755	1 L 4 T	0.2757	0.2755	1 L 4 T
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3149		0.3153	0.3149		0.3151	0.3149		0.3151	0.3149	
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3542		0.3546	0.3542		0.3544	0.3542		0.3544	0.3542	
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3936		0.3940	0.3936		0.3938	0.3936		0.3938	0.3936	
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4723	1 L 5 T	0.4727	0.4723	1 L 6 T	0.4725	0.4723	1 L 4 T	0.4726	0.4722	2 L 5 T
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5905		0.5909	0.5905		0.5907	0.5905		0.5908	0.5904	
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6692		0.6696	0.6692		0.6694	0.6692		0.6695	0.6691	
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7872	2 L 6 T	0.7878	0.7872	2 L 8 T	0.7875	0.7872	2 L 5 T	0.7876	0.7872	2 L 6 T
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9841		0.9847	0.9841		0.9844	0.9841		0.9845	0.9841	
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1809		1.1815	1.1809		1.1812	1.1809		1.1813	1.1809	
35	1.3780	1.3775	1.3782	1.3778	2 L 7 T	1.3784	1.3778	2 L 9 T	1.3781	1.3778	2 L 6 T	1.3782	1.3778	2 L 7 T
40	1.5748	1.5743	1.5750	1.5746		1.5752	1.5746		1.5749	1.5746		1.5750	1.5746	
45	1.7717	1.7712	1.7719	1.7715		1.7721	1.7715		1.7718	1.7715		1.7719	1.7715	
50	1.9685	1.9680	1.9687	1.9683		1.9689	1.9683		1.9686	1.9683		1.9687	1.9683	
55	2.1654	2.1648	2.1656	2.1651	3 L 8 T	2.1659	2.1651	3 L 11 T	2.1655	2.1652	2 L 7 T	2.1656	2.1651	3 L 8 T
60	2.3622	2.3616	2.3624	2.3619		2.3627	2.3619		2.3623	2.3620		2.3624	2.3619	
65	2.5591	2.5585	2.5593	2.5588		2.5596	2.5588		2.5592	2.5589		2.5593	2.5588	
70	2.7559	2.7553	2.7561	2.7556		2.7564	2.7556		2.7560	2.7557		2.7561	2.7556	
75	2.9528	2.9522	2.9530	2.9525		2.9533	2.9525		2.9529	2.9526		2.9530	2.9525	
80	3.1496	3.1490	3.1498	3.1493		3.1501	3.1493		3.1497	3.1494		3.1498	3.1493	
85	3.3465	3.3457	3.3467	3.3461	4 L 10 T	3.3470	3.3461	4 L 13 T	3.3467	3.3463	2 L 10 T	3.3468	3.3462	3 L 11 T
90	3.5433	3.5425	3.5435	3.5429		3.5438	3.5429		3.5435	3.5431		3.5436	3.5430	
95	3.7402	3.7394	3.7404	3.7398		3.7407	3.7398		3.7404	3.7400		3.7405	3.7399	
100	3.9370	3.9362	3.9372	3.9366		3.9375	3.9366		3.9372	3.9368		3.9373	3.9367	
105	4.1339	4.1331	4.1341	4.1335		4.1344	4.1335		4.1341	4.1337		4.1342	4.1336	
110	4.3307	4.3299	4.3309	4.3303		4.3312	4.3303		4.3309	4.3305		4.3310	4.3304	
120	4.7244	4.7236	4.7246	4.7240		4.7249	4.7240		4.7246	4.7242		4.7247	4.7241	
130	5.1181	5.1171	5.1184	5.1177	4 L 13 T	5.1187	5.1177	4 L 16 T	5.1183	5.1178	3 L 12 T	5.1184	5.1177	4 L 13 T
140	5.5118	5.5108	5.5121	5.5114		5.5124	5.5114		5.5120	5.5115		5.5121	5.5114	
150	5.9055	5.9045	5.9058	5.9051		5.9061	5.9051		5.9057	5.9052		5.9058	5.9051	
160	6.2992	6.2982	6.2995	6.2988		6.2998	6.2988		6.2994	6.2989		6.2995	6.2988	
170	6.6929	6.6919	6.6932	6.6925		6.6935	6.6925		6.6931	6.6926		6.6932	6.6925	
180	7.0866	7.0856	7.0869	7.0862		7.0872	7.0862		7.0868	7.0863		7.0869	7.0862	
190	7.4803	7.4791	7.4806	7.4798	5 L 15 T	7.4809	7.4798	5 L 18 T	7.4806	7.4800	3 L 15 T	7.4807	7.4799	4 L 16 T
200	7.8740	7.8728	7.8743	7.8735		7.8746	7.8735		7.8743	7.8737		7.8744	7.8736	
220	8.6614	8.6602	8.6617	8.6609		8.6620	8.6609		8.6617	8.6611		8.6618	8.6610	
240	9.4488	9.4476	9.4491	9.4483		9.4494	9.4483		9.4491	9.4485		9.4492	9.4484	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-3

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
d			j5 Diámetro del eje			j6 Diámetro del eje			js4 Diámetro del eje			js5 Diámetro del eje			
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2365	10.2356	6 L 17 T	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10.2365	10.2359	3 L 17 T	10.2366	10.2357	5 L 18 T
280	11.0236	11.0222	11.0239	11.0230		11.0242	11.0230		11.0239	11.0233		11.0240	11.0231	
300	11.8110	11.8096	11.8113	11.8104		11.8116	11.8104		11.8113	11.8107		11.8114	11.8105	
320	12.5984	12.5968	12.5987	12.5977	7 L 19 T	12.5991	12.5977	7 L 23 T	–	–	–	12.5989	12.5979	5 L 21 T
340	13.3858	13.3842	13.3861	13.3851		13.3865	13.3851		–	–		13.3863	13.3853	
360	14.1732	14.1716	14.1735	14.1725		14.1739	14.1725		–	–		14.1737	14.1727	
380	14.9606	14.9590	14.9609	14.9599		14.9613	14.9599		–	–		14.9611	14.9601	
400	15.7480	15.7464	15.7483	15.7473		15.7487	15.7473		–	–		15.7485	15.7475	
420	16.5354	16.5336	16.5357	16.5346	8 L 21 T	16.5362	16.5346	8 L 26 T	–	–	–	16.5359	16.5349	5 L 23 T
440	17.3228	17.3210	17.3231	17.3220		17.3236	17.3220		–	–		17.3233	17.3223	
460	18.1102	18.1084	18.1105	18.1094		18.1110	18.1094		–	–		18.1107	18.1097	
480	18.8976	18.8958	18.8979	18.8968		18.8984	18.8968		–	–		18.8981	18.8971	
500	19.6850	19.6832	19.6853	19.6842		19.6858	19.6842		–	–		19.6855	19.6845	
530	20.8661	20.8641	–	–		20.8670	20.8652		–	–		20.8666	20.8655	
560	22.0472	22.0452	–	–	–	22.0481	22.0463	9 L 29 T	–	–	–	22.0477	22.0466	6 L 25 T
600	23.6220	23.6200	–	–	–	23.6229	23.6211		–	–	–	23.6225	23.6214	
630	24.8031	24.8011	–	–		24.8040	24.8022		–	–		24.8036	24.8025	
670	26.3780	26.3750	–	–		26.3790	26.3770		–	–		26.3786	26.3774	
710	27.9528	27.9498	–	–	–	27.9538	27.9518	10 L 40 T	–	–	–	27.9534	27.9522	6 L 36 T
750	29.5276	29.5246	–	–	–	29.5286	29.5266		–	–	–	29.5282	29.5270	
800	31.4961	31.4931	–	–		31.4971	31.4951		–	–		31.4967	31.4955	
850	33.4646	33.4607	–	–		33.4657	33.4635		–	–		33.4653	33.4639	
900	35.4331	35.4292	–	–	–	35.4342	35.4320	11 L 50 T	–	–	–	35.4338	35.4324	7 L 46 T
950	37.4016	37.3977	–	–	–	37.4027	37.4005		–	–	–	37.4023	37.4009	
1 000	39.3701	39.3662	–	–		39.3712	39.3690		–	–		39.3708	39.3694	
1 060	41.7323	41.7274	–	–		41.7336	41.7310		–	–		41.7331	41.7315	
1 120	44.0945	44.0896	–	–	–	44.0958	44.0932	13 L 62 T	–	–	–	44.0953	44.0937	8 L 57 T
1 180	46.4567	46.4518	–	–	–	46.4580	46.4554		–	–	–	46.4575	46.4559	
1 250	49.2126	49.2077	–	–		49.2139	49.2113		–	–		49.2134	49.2118	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento d			Ajustes resultantes Clases de tolerancia js6 Diámetro del eje			js7 Diámetro del eje			k4 Diámetro del eje			k5 Diámetro del eje		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
4	0.1575	0.1572	0.1577	0.1573	2 L	0.1577	0.1572	3 T	0.1577	0.1575	0 T	0.1577	0.1575	0 T
5	0.1969	0.1966	0.1971	0.1967	5 T	0.1971	0.1966	5 T	0.1971	0.1969	5 T	0.1971	0.1969	5 T
6	0.2362	0.2359	0.2364	0.2360		0.2364	0.2359		0.2364	0.2362		0.2364	0.2362	
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2754		0.2759	0.2753		0.2758	0.2756		0.2759	0.2756	
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3148	2 L	0.3153	0.3147	3 T	0.3152	0.3150	0 T	0.3153	0.3150	0 T
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3541	5 T	0.3546	0.3540	6 T	0.3545	0.3543	5 T	0.3546	0.3543	6 T
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3935		0.3940	0.3934		0.3939	0.3937		0.3940	0.3937	
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4722	2 L	0.4727	0.4720	4 T	0.4727	0.4724	0 T	0.4728	0.4724	0 T
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5904	5 T	0.5909	0.5902	6 T	0.5909	0.5906	6 T	0.5910	0.5906	7 T
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6691		0.6696	0.6689		0.6696	0.6693		0.6697	0.6693	
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7871	3 L	0.7878	0.7870	4 T	0.7877	0.7874	0 T	0.7878	0.7875	1 T
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9840	6 T	0.9847	0.9839	8 T	0.9846	0.9843	7 T	0.9847	0.9844	8 T
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1808		1.1815	1.1807		1.1814	1.1811		1.1815	1.1812	
35	1.3780	1.3775	1.3783	1.3777		1.3784	1.3775		1.3783	1.3781		1.3785	1.3781	
40	1.5748	1.5743	1.5751	1.5745	3 L	1.5752	1.5743	5 T	1.5751	1.5749	1 T	1.5753	1.5749	1 T
45	1.7717	1.7712	1.7720	1.7714	8 T	1.7721	1.7712	9 T	1.7720	1.7718	8 T	1.7722	1.7718	10 T
50	1.9685	1.9680	1.9688	1.9682		1.9689	1.9680		1.9688	1.9686		1.9690	1.9686	
55	2.1654	2.1648	2.1658	2.1650		2.1659	2.1648		2.1658	2.1655		2.1660	2.1655	
60	2.3622	2.3616	2.3626	2.3618		2.3627	2.3616		2.3626	2.3623		2.3628	2.3623	
65	2.5591	2.5585	2.5595	2.5587	4 L	2.5596	2.5585	6 T	2.5595	2.5592	1 T	2.5597	2.5592	1 T
70	2.7559	2.7553	2.7563	2.7555	10 T	2.7564	2.7553	11 T	2.7563	2.7560	10 T	2.7565	2.7560	12 T
75	2.9528	2.9522	2.9532	2.9524		2.9533	2.9522		2.9532	2.9529		2.9534	2.9529	
80	3.1496	3.1490	3.1500	3.1492		3.1501	3.1490		3.1500	3.1497		3.1502	3.1497	
85	3.3465	3.3457	3.3469	3.3461		3.3472	3.3458		3.3470	3.3466		3.3472	3.3466	
90	3.5433	3.5425	3.5437	3.5429		3.5440	3.5426		3.5438	3.5434		3.5440	3.5434	
95	3.7402	3.7394	3.7406	3.7398		3.7409	3.7395		3.7407	3.7403		3.7409	3.7403	
100	3.9370	3.9362	3.9374	3.9366	4 L	3.9377	3.9363	7 T	3.9375	3.9371	1 T	3.9377	3.9371	1 T
105	4.1339	4.1331	4.1343	4.1335	12 T	4.1346	4.1332	15 T	4.1344	4.1340	13 T	4.1346	4.1340	15 T
110	4.3307	4.3299	4.3311	4.3303		4.3314	4.3300		4.3312	4.3308		4.3314	4.3308	
120	4.7244	4.7236	4.7248	4.7240		4.7251	4.7237		4.7249	4.7245		4.7251	4.7245	
130	5.1181	5.1171	5.1186	5.1176		5.1189	5.1173		5.1187	5.1182		5.1189	5.1182	
140	5.5118	5.5108	5.5123	5.5113		5.5126	5.5110		5.5124	5.5119		5.5126	5.5119	
150	5.9055	5.9045	5.9060	5.9050	5 L	5.9063	5.9047	8 T	5.9061	5.9056	1 T	5.9063	5.9056	1 T
160	6.2992	6.2982	6.2997	6.2987	15 T	6.3000	6.2984	18 T	6.2998	6.2993	16 T	6.3000	6.2993	18 T
170	6.6929	6.6919	6.6934	6.6924		6.6937	6.6921		6.6935	6.6930		6.6937	6.6930	
180	7.0866	7.0856	7.0871	7.0861		7.0874	7.0858		7.0872	7.0867		7.0874	7.0867	
190	7.4803	7.4791	7.4809	7.4797		7.4812	7.4794		7.4810	7.4805		7.4812	7.4805	
200	7.8740	7.8728	7.8746	7.8734	6 L	7.8749	7.8731	9 T	7.8747	7.8742	2 T	7.8749	7.8742	2 T
220	8.6614	8.6602	8.6620	8.6608	18 T	8.6623	8.6605	21 T	8.6621	8.6616	19 T	8.6623	8.6616	21 T
240	9.4488	9.4476	9.4494	9.4482		9.4497	9.4479		9.4495	9.4490		9.4497	9.4490	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
d			js6			js7			k4			k5			
	Diámetro máx.	Diámetro mín.	Diámetro del eje máx.	Diámetro del eje mín.	Ajuste[1]	Diámetro del eje máx.	Diámetro del eje mín.	Ajuste[1]	Diámetro del eje máx.	Diámetro del eje mín.	Ajuste[1]	Diámetro del eje máx.	Diámetro del eje mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2368	10.2356	6 L	10.2372	10.2352	10 T	10.2370	10.2364	2 T	10.2373	10.2364	2 T
280	11.0236	11.0222	11.0242	11.0230	20 T	11.0246	11.0226	24 T	11.0244	11.0238	22 T	11.0247	11.0238	25 T
300	11.8110	11.8096	11.8116	11.8104		11.8120	11.8100		11.8118	11.8112		11.8121	11.8112	
320	12.5984	12.5968	12.5991	12.5977		12.5996	12.5973		12.5992	12.5986		12.5995	12.5986	
340	13.3858	13.3842	13.3865	13.3851	7 L	13.3870	13.3847	11 T	13.3866	13.3860	2 T	13.3869	13.3860	2 T
360	14.1732	14.1716	14.1739	14.1725	23 T	14.1744	14.1721	28 T	14.1740	14.1734	24 T	14.1743	14.1734	27 T
380	14.9606	14.9590	14.9613	14.9599		14.9618	14.9595		14.9614	14.9608		14.9617	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7487	15.7473		15.7492	15.7469		15.7488	15.7482		15.7491	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5362	16.5346		16.5367	16.5342		16.5364	16.5356		16.5367	16.5356	
440	17.3228	17.3210	17.3236	17.3220	8 L	17.3241	17.3216	12 T	17.3238	17.3230	2 T	17.3241	17.3230	2 T
460	18.1102	18.1084	18.1110	18.1094	26 T	18.1115	18.1090	31 T	18.1112	18.1104	28 T	18.1115	18.1104	31 T
480	18.8976	18.8958	18.8984	18.8968		18.8989	18.8964		18.8986	18.8978		18.8989	18.8978	
500	19.6850	19.6832	19.6858	19.6842		19.6863	19.6838		19.6860	19.6852		19.6863	19.6852	
530	20.8661	20.8641	20.8669	20.8652		20.8675	20.8648		–	–		20.8673	20.8661	
560	22.0472	22.0452	22.0480	22.0463	9 L	22.0486	22.0459	13 T	–	–	–	22.0484	22.0472	0 T
600	23.6220	23.6200	23.6228	23.6211	28 T	23.6234	23.6207	34 T	–	–	–	23.6232	23.6220	32 T
630	24.8031	24.8011	24.8039	24.8022		24.8045	24.8018		–	–		24.8043	24.8031	
670	26.3780	26.3750	26.3789	26.3770		26.3795	26.3764		–	–		26.3794	26.3780	
710	27.9528	27.9498	27.9537	27.9518	10 L	27.9543	27.9512	16 T	–	–	–	27.9542	27.9528	0 T
750	29.5276	29.5246	29.5285	29.5266	39 T	29.5291	29.5260	45 T	–	–	–	29.5290	29.5276	44 T
800	31.4961	31.4931	31.4970	31.4951		31.4976	31.4945		–	–		31.4975	31.4961	
850	33.4646	33.4607	33.4657	33.4635		33.4663	33.4628		–	–		33.4662	33.4646	
900	35.4331	35.4292	35.4342	35.4320	11 L	35.4348	35.4313	18 T	–	–	–	35.4347	35.4331	0 T
950	37.4016	37.3977	37.4027	37.4005	50 T	37.4033	37.3998	56 T	–	–	–	37.4032	37.4016	55 T
1 000	39.3701	39.3662	39.3712	39.3690		39.3718	39.3683		–	–		39.3717	39.3701	
1 060	41.7323	41.7274	41.7336	41.7310		41.7343	41.7302		–	–		41.7341	41.7323	
1 120	44.0945	44.0896	44.0958	44.0932	13 L	44.0965	44.0924	21 T	–	–	–	44.0963	44.0945	0 T
1 180	46.4567	46.4518	46.4580	46.4554	62 T	46.4587	46.4546	69 T	–	–	–	46.4585	46.4567	67 T
1 250	49.2126	49.2077	49.2139	49.2113		49.2146	49.2105		–	–		49.2144	49.2126	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
d			k6			m5			m6			n5			
			Diámetro del eje		Ajuste[1]	Diámetro del eje		Ajuste[1]	Diámetro del eje		Ajuste[1]	Diámetro del eje		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
4	0.1575	0.1572	0.1579	0.1575	0T	0.1579	0.1577	2T	0.1580	0.1577	2T	0.1580	0.1578	3T
5	0.1969	0.1966	0.1973	0.1969	7T	0.1973	0.1971	7T	0.1974	0.1971	8T	0.1974	0.1972	8T
6	0.2362	0.2359	0.2366	0.2362		0.2366	0.2364		0.2367	0.2364		0.2367	0.2365	
7	0.2756	0.2753	0.2760	0.2756		0.2761	0.2758		0.2762	0.2758		0.2762	0.2760	
8	0.3150	0.3147	0.3154	0.3150	0T	0.3155	0.3152	2T	0.3156	0.3152	2T	0.3156	0.3154	4T
9	0.3543	0.3540	0.3547	0.3543	7T	0.3548	0.3545	8T	0.3549	0.3545	9T	0.3549	0.3547	9T
10	0.3937	0.3934	0.3941	0.3937		0.3942	0.3939		0.3943	0.3939		0.3943	0.3941	
12	0.4724	0.4721	0.4729	0.4724	0T	0.4730	0.4727	3T	0.4731	0.4727	3T	0.4732	0.4729	5T
15	0.5906	0.5903	0.5911	0.5906	8T	0.5912	0.5909	9T	0.5913	0.5909	10T	0.5914	0.5911	11T
17	0.6693	0.6690	0.6698	0.6693		0.6699	0.6696		0.6700	0.6696		0.6701	0.6698	
20	0.7874	0.7870	0.7880	0.7875	1T	0.7881	0.7877	3T	0.7882	0.7877	3T	0.7883	0.7880	6T
25	0.9843	0.9839	0.9849	0.9844	10T	0.9850	0.9846	11T	0.9851	0.9846	12T	0.9852	0.9849	13T
30	1.1811	1.1807	1.1817	1.1812		1.1818	1.1814		1.1819	1.1814		1.1820	1.1817	
35	1.3780	1.3775	1.3787	1.3781		1.3788	1.3784		1.3790	1.3784		1.3791	1.3787	
40	1.5748	1.5743	1.5755	1.5749	1T	1.5756	1.5752	4T	1.5758	1.5752	4T	1.5759	1.5755	7T
45	1.7717	1.7712	1.7724	1.7718	12T	1.7725	1.7721	13T	1.7727	1.7721	15T	1.7728	1.7724	16T
50	1.9685	1.9680	1.9692	1.9686		1.9693	1.9689		1.9695	1.9689		1.9696	1.9692	
55	2.1654	2.1648	2.1662	2.1655		2.1663	2.1658		2.1666	2.1658		2.1667	2.1662	
60	2.3622	2.3616	2.3630	2.3623		2.3631	2.3626		2.3634	2.3626		2.3635	2.3630	
65	2.5591	2.5585	2.5599	2.5592	1T	2.5600	2.5595	4T	2.5603	2.5595	4T	2.5604	2.5599	8T
70	2.7559	2.7553	2.7567	2.7560	14T	2.7568	2.7563	15T	2.7571	2.7563	18T	2.7572	2.7567	19T
75	2.9528	2.9522	2.9536	2.9529		2.9537	2.9532		2.9540	2.9532		2.9541	2.9536	
80	3.1496	3.1490	3.1504	3.1497		3.1505	3.1500		3.1508	3.1500		3.1509	3.1504	
85	3.3465	3.3457	3.3475	3.3466		3.3476	3.3470		3.3479	3.3470		3.3480	3.3474	
90	3.5433	3.5425	3.5443	3.5434		3.5444	3.5438		3.5447	3.5438		3.5448	3.5442	
95	3.7402	3.7394	3.7412	3.7403		3.7413	3.7407		3.7416	3.7407		3.7417	3.7411	
100	3.9370	3.9362	3.9380	3.9371	1T	3.9381	3.9375	5T	3.9384	3.9375	5T	3.9385	3.9379	9T
105	4.1339	4.1331	4.1349	4.1340	18T	4.1350	4.1344	19T	4.1353	4.1344	22T	4.1354	4.1348	23T
110	4.3307	4.3299	4.3317	4.3308		4.3318	4.3312		4.3321	4.3312		4.3322	4.3316	
120	4.7244	4.7236	4.7254	4.7245		4.7255	4.7249		4.7258	4.7249		4.7259	4.7253	
130	5.1181	5.1171	5.1192	5.1182		5.1194	5.1187		5.1197	5.1187		5.1199	5.1192	
140	5.5118	5.5108	5.5129	5.5119		5.5131	5.5124		5.5134	5.5124		5.5136	5.5129	
150	5.9055	5.9045	5.9066	5.9056	1T	5.9068	5.9061	6T	5.9071	5.9061	6T	5.9073	5.9066	11T
160	6.2992	6.2982	6.3003	6.2993	21T	6.3005	6.2998	23T	6.3008	6.2998	26T	6.3010	6.3003	28T
170	6.6929	6.6919	6.6940	6.6930		6.6942	6.6935		6.6945	6.6935		6.6947	6.6940	
180	7.0866	7.0856	7.0877	7.0867		7.0879	7.0872		7.0882	7.0872		7.0884	7.0877	
190	7.4803	7.4791	7.4815	7.4805		7.4818	7.4810		7.4821	7.4810		7.4823	7.4815	
200	7.8740	7.8728	7.8753	7.8742	2T	7.8755	7.8747	7T	7.8758	7.8747	7T	7.8760	7.8752	12T
220	8.6614	8.6602	8.6627	8.6616	25T	8.6629	8.6621	27T	8.6632	8.6621	30T	8.6634	8.6626	32T
240	9.4488	9.4476	9.4501	9.4490		9.4503	9.4495		9.4506	9.4495		9.4508	9.4500	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-3

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
d			k6			m5			m6			n5			
			Diámetro del eje			Diámetro del eje			Diámetro del eje			Diámetro del eje			
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2376	10.2364	2 T	10.2379	10.2370	8 T	10.2382	10.2370	8 T	10.2384	10.2375	13 T
280	11.0236	11.0222	11.0250	11.0238	28 T	11.0253	11.0244	31 T	11.0256	11.0244	34 T	11.0258	11.0249	36 T
300	11.8110	11.8096	11.8124	11.8112		11.8127	11.8118		11.8130	11.8118		11.8132	11.8123	
320	12.5984	12.5968	12.6000	12.5986		12.6002	12.5992		12.6006	12.5992		12.6008	12.5999	
340	13.3858	13.3842	13.3874	13.3860	2 T	13.3876	13.3866	8 T	13.3880	13.3866	8 T	13.3882	13.3873	15 T
360	14.1732	14.1716	14.1748	14.1734	32 T	14.1750	14.1740	34 T	14.1754	14.1740	38 T	14.1756	14.1747	40 T
380	14.9606	14.9590	14.9622	14.9608		14.9624	14.9614		14.9628	14.9614		14.9630	14.9621	
400	15.7480	15.7464	15.7496	15.7482		15.7498	15.7488		15.7502	15.7488		15.7504	15.7495	
420	16.5354	16.5336	16.5372	16.5356		16.5374	16.5363		16.5379	16.5363		16.5380	16.5370	
440	17.3228	17.3210	17.3246	17.3230	2 T	17.3248	17.3237	9 T	17.3253	17.3237	9 T	17.3254	17.3244	16 T
460	18.1102	18.1084	18.1120	18.1104	36 T	18.1122	18.1111	38 T	18.1127	18.1111	43 T	18.1128	18.1118	44 T
480	18.8976	18.8958	18.8994	18.8978		18.8996	18.8985		18.9001	18.8985		18.9002	18.8992	
500	19.6850	19.6832	19.6868	19.6852		19.6870	19.6859		19.6875	19.6859		19.6876	19.6866	
530	20.8661	20.8641	20.8678	20.8661		20.8683	20.8671		–	–		20.8689	20.8678	
560	22.0472	22.0452	22.0489	22.0472	0 T	22.0494	22.0482	10 T	–	–	–	22.0500	22.0489	17 T
600	23.6220	23.6200	23.6237	23.6220	37 T	23.6242	23.6230	42 T	–	–	–	23.6248	23.6237	48 T
630	24.8031	24.8011	24.8048	24.8031		24.8053	24.8041		–	–		24.8059	24.8048	
670	26.3780	26.3750	26.3799	26.3780		26.3806	26.3792		–	–		26.3812	26.3800	
710	27.9528	27.9498	27.9547	27.9528	0 T	27.9554	27.9540	12 T	–	–	–	27.9560	27.9548	20 T
750	29.5276	29.5246	29.5295	29.5276	49 T	29.5302	29.5288	56 T	–	–	–	29.5308	29.5296	62 T
800	31.4961	31.4931	31.4980	31.4961		31.4987	31.4973		–	–		31.4993	31.4981	
850	33.4646	33.4607	33.4668	33.4646		33.4675	33.4659		–	–		33.4683	33.4668	
900	35.4331	35.4292	35.4353	35.4331	0 T	35.4360	35.4344	13 T	–	–	–	35.4368	35.4353	22 T
950	37.4016	37.3977	37.4038	37.4016	61 T	37.4045	37.4029	68 T	–	–	–	37.4053	37.4038	76 T
1 000	39.3701	39.3662	39.3723	39.3701		39.3730	39.3714		–	–		39.3738	39.3723	
1 060	41.7323	41.7274	41.7349	41.7323		41.7357	41.7339		–	–		41.7366	41.7349	
1 120	44.0945	44.0896	44.0971	44.0945	0 T	44.0979	44.0961	16 T	–	–	–	44.0988	44.0971	26 T
1 180	46.4567	46.4518	46.4593	46.4567	75 T	46.4601	46.4583	83 T	–	–	–	46.4610	46.4593	92 T
1 250	49.2126	49.2077	49.2152	49.2126		49.2160	49.2142		–	–		49.2169	49.2152	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
d			n6			p6			p7			r6		
	Diámetro del eje				Ajuste[1]	Diámetro del eje		Ajuste[1]	Diámetro del eje		Ajuste[1]	Diámetro del eje		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
85	3.3465	3.3457	3.3483	3.3474		3.3488	3.3480		3.3493	3.3480		–	–	
90	3.5433	3.5425	3.5451	3.5442		3.5456	3.5448		3.5461	3.5448		–	–	
95	3.7402	3.7394	3.7420	3.7411		3.7425	3.7417		3.7430	3.7417		–	–	
100	3.9370	3.9362	3.9388	3.9379	9T	3.9393	3.9385	15T	3.9398	3.9385	15T	–	–	–
105	4.1339	4.1331	4.1357	4.1348	26T	4.1362	4.1354	31T	4.1367	4.1354	36T	–	–	–
110	4.3307	4.3299	4.3325	4.3316		4.3330	4.3322		4.3335	4.3322		–	–	
120	4.7244	4.7236	4.7262	4.7253		4.7267	4.7259		4.7272	4.7259		–	–	
130	5.1181	5.1171	5.1201	5.1192		5.1208	5.1198		5.1214	5.1198		5.1216	5.1207	
140	5.5118	5.5108	5.5138	5.5129		5.5145	5.5135		5.5151	5.5135		5.5153	5.5144	
150	5.9055	5.9045	5.9075	5.9066	11T	5.9082	5.9072	17T	5.9088	5.9072	17T	5.9090	5.9081	26T
160	6.2992	6.2982	6.3012	6.3003	30T	6.3019	6.3009	37T	6.3025	6.3009	43T	6.3027	6.3018	45T
170	6.6929	6.6919	6.6949	6.6940		6.6956	6.6946		6.6962	6.6946		6.6964	6.6955	
180	7.0866	7.0856	7.0886	7.0877		7.0893	7.0883		7.0899	7.0883		7.0901	7.0892	
190	7.4803	7.4791	7.4827	7.4815		7.4834	7.4823		7.4841	7.4823		7.4845	7.4833	30T
200	7.8740	7.8728	7.8764	7.8752	12T	7.8771	7.8760	20T	7.8778	7.8760	20T	7.8782	7.8770	54T
220	8.6614	8.6602	8.6638	8.6626	36T	8.6645	8.6634	43T	8.6652	8.6634	50T	8.6657	8.6645	31T/55T
240	9.4488	9.4476	9.4512	9.4500		9.4519	9.4508		9.4526	9.4508		9.4532	9.4521	33T
260	10.2362	10.2348	10.2388	10.2375		10.2397	10.2384		10.2405	10.2384		10.2412	10.2399	37T
280	11.0236	11.0222	11.0262	11.0249	13T	11.0271	11.0258	22T	11.0279	11.0258	22T	11.0286	11.0273	64T
300	11.8110	11.8096	11.8136	11.8123	40T	11.8145	11.8132	49T	11.8153	11.8132	57T	11.8161	11.8149	39T/65T
320	12.5984	12.5968	12.6013	12.5999		12.6023	12.6008		12.6031	12.6009		12.6041	12.6027	43T
340	13.3858	13.3842	13.3887	13.3873		13.3897	13.3882		13.3905	13.3883		13.3915	13.3901	73T
360	14.1732	14.1716	14.1761	14.1747	15T	14.1771	14.1756	24T	14.1779	14.1757	25T	14.1791	14.1777	
380	14.9606	14.9590	14.9635	14.9621	45T	14.9645	14.9630	55T	14.9653	14.9631	63T	14.9665	14.9651	45T
400	15.7480	15.7464	15.7509	15.7495		15.7519	15.7504		15.7527	15.7505		15.7539	15.7525	75T
420	16.5354	16.5336	16.5385	16.5370		16.5397	16.5381		16.5406	16.5381		16.5419	16.5404	50T
440	17.3228	17.3210	17.3259	17.3244		17.3271	17.3255		17.3280	17.3255		17.3293	17.3278	83T
460	18.1102	18.1084	18.1133	18.1118	16T	18.1145	18.1129	27T	18.1154	18.1129	27T	18.1170	18.1154	
480	18.8976	18.8958	18.9007	18.8992	49T	18.9019	18.9003	61T	18.9028	18.9003	70T	18.9044	18.9028	52T
500	19.6850	19.6832	19.6881	19.6866		19.6893	19.6877		19.6902	19.6877		19.6918	19.6902	86T
530	20.8661	20.8641	20.8696	20.8678		20.8709	20.8692		20.8720	20.8692		20.8737	20.8720	59T
560	22.0472	22.0452	22.0507	22.0489	17T	22.0520	22.0503	31T	22.0531	22.0503	31T	22.0548	22.0531	96T
600	23.6220	23.6200	23.6255	23.6237	55T	23.6268	23.6251	68T	23.6279	23.6251	79T	23.6298	23.6281	61T
630	24.8031	24.8011	24.8066	24.8048		24.8079	24.8062		24.8090	24.8062		24.8109	24.8092	98T
670	26.3780	26.3750	26.3819	26.3800		26.3834	26.3815		26.3846	26.3814		26.3869	26.3849	69T
710	27.9528	27.9498	27.9567	27.9548	20T	27.9582	27.9563	35T	27.9594	27.9562	34T	27.9617	27.9597	119T
750	29.5276	29.5246	29.5315	29.5296	69T	29.5330	29.5311	84T	29.5342	29.5310	96T	29.5369	29.5349	73T
800	31.4961	31.4931	31.5000	31.4981		31.5015	31.4996		31.5027	31.4995		31.5054	31.5034	123T
850	33.4646	33.4607	33.4690	33.4668		33.4707	33.4685		33.4721	33.4685		33.4751	33.4729	83T
900	35.4331	35.4292	35.4375	35.4353	22T	35.4392	35.4370	39T	35.4406	35.4370	39T	35.4436	35.4414	144T
950	37.4016	37.3977	37.4060	37.4038	83T	37.4077	37.4055	100T	37.4091	37.4055	114T	37.4125	37.4103	87T
1 000	39.3701	39.3662	39.3745	39.3723		39.3762	39.3740		39.3776	39.3740		39.3810	39.3788	148T
1 060	41.7323	41.7274	41.7375	41.7349		41.7396	41.7370		41.7412	41.7370		41.7447	41.7421	98T
1 120	44.0945	44.0896	44.0997	44.0971	26T	44.1018	44.0992	47T	44.1034	44.0992	47T	44.1069	44.1043	173T
1 180	46.4567	46.4518	46.4619	46.4593	101T	46.4640	46.4614	122T	46.4656	46.4614	138T	46.4695	46.4669	102T
1 250	49.2126	49.2077	49.2178	49.2152		49.2199	49.2173		49.2215	49.2173		49.2254	49.2226	177T

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-3

Tolerancias del eje y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro del agujero del rodamiento d			Ajustes resultantes Clases de tolerancia r7 Diámetro del eje			$s6_{min}$ ± IT6/2 Diámetro del eje			$s7_{min}$ ± IT7/2 Diámetro del eje		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
200	7.8740	7.8728	–	–	–	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T
220	8.6614	8.6602	8.6664	8.6645	31 T/62 T	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T
240	9.4488	9.4476	9.4539	9.4521	33 T	9.4549	9.4537	49 T/73 T	9.4552	9.4534	46 T/76 T
260	10.2362	10.2348	10.2419	10.2399	37 T	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T
280	11.0236	11.0222	11.0293	11.0273	71 T	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T
300	11.8110	11.8096	11.8169	11.8149	39 T/73 T	11.8183	11.8171	61 T/87 T	11.8187	11.8167	57 T/91 T
320	12.5984	12.5968	12.6049	12.6027	43 T	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T
340	13.3858	13.3842	13.3923	13.3901	81 T	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T
360	14.1732	14.1716	14.1799	14.1777	45 T	14.1821	14.1807	75 T	14.1825	14.1803	71 T
380	14.9606	14.9590	14.9673	14.9651	83 T	14.9695	14.9681	105 T	14.9699	14.9677	109 T
400	15.7480	15.7464	15.7547	15.7525		15.7569	15.7555		15.7573	15.7551	
420	16.5354	16.5336	16.5428	16.5404	50 T	16.5454	16.5438	84 T	16.5458	16.5433	79 T
440	17.3228	17.3210	17.3302	17.3278	92 T	17.3328	17.3312	118 T	17.3332	17.3307	122 T
460	18.1102	18.1084	18.1179	18.1154	52 T	18.1209	18.1194	92 T	18.1214	18.1189	87 T
480	18.8976	18.8958	18.9053	18.9028	95 T	18.9083	18.9068	125 T	18.9088	18.9063	130 T
500	19.6850	19.6832	19.6927	19.6902		19.6957	19.6942		19.6962	19.6937	
530	20.8661	20.8641	20.8748	20.8720	59 T	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T
560	22.0472	22.0452	22.0559	22.0531	107 T	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T
600	23.6220	23.6200	23.6309	23.6281	61 T	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T
630	24.8031	24.8011	24.8120	24.8092	109 T	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T
670	26.3780	26.3750	26.3880	26.3848	68 T	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T
710	27.9528	27.9498	27.9628	27.9596	130 T	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T
750	29.5276	29.5246	29.5380	29.5349	73 T	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T
800	31.4961	31.4931	31.5065	31.5034	134 T	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T
850	33.4646	33.4607	33.4764	33.4729	83 T	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T
900	35.4331	35.4292	35.4449	35.4414	157 T	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T
950	37.4016	37.3977	37.4138	37.4103	87 T	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T
1 000	39.3701	39.3662	39.3823	39.3788	161 T	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T
1 060	41.7323	41.7274	41.7463	41.7421	98 T	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T
1 120	44.0945	44.0896	44.1085	44.1043	189 T	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T
1 180	46.4567	46.4518	46.4711	46.4669	102 T	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T
1 250	49.2126	49.2077	49.2270	49.2228	193 T	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia F7			G7			H6			H7		
			Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
16	0.6299	0.6296	0.6305	0.6312	16 L 6 L	0.6301	0.6308	12 L 2 L	0.6299	0.6303	7 L 0 L	0.6299	0.6306	10 L 0 L
19	0.7480	0.7476	0.7488	0.7496		0.7483	0.7491		0.7480	0.7485		0.7480	0.7488	
22	0.8661	0.8657	0.8669	0.8677		0.8664	0.8672		0.8661	0.8666		0.8661	0.8669	
24	0.9449	0.9445	0.9457	0.9465	20 L	0.9452	0.9460	15 L	0.9449	0.9454	9 L	0.9449	0.9457	12 L
26	1.0236	1.0232	1.0244	1.0252	8 L	1.0239	1.0247	3 L	1.0236	1.0241	0 L	1.0236	1.0244	0 L
28	1.1024	1.1020	1.1032	1.1040		1.1027	1.1035		1.1024	1.1029		1.1024	1.1032	
30	1.1811	1.1807	1.1819	1.1827		1.1814	1.1822		1.1811	1.1816		1.1811	1.1819	
32	1.2598	1.2594	1.2608	1.2618		1.2602	1.2611		1.2598	1.2604		1.2598	1.2608	
35	1.3780	1.3776	1.3790	1.4000		1.3784	1.3793		1.3780	1.3786		1.3780	1.3790	
37	1.4567	1.4563	1.4577	1.4587	24 L	1.4571	1.4580	17 L	1.4567	1.4573	10 L	1.4567	1.4577	14 L
40	1.5748	1.5744	1.5758	1.5768	10 L	1.5752	1.5761	4 L	1.5748	1.5754	0 L	1.5748	1.5758	0 L
42	1.6535	1.6531	1.6545	1.6555		1.6539	1.6548		1.6535	1.6541		1.6535	1.6545	
47	1.8504	1.8500	1.8514	1.8524		1.8508	1.8517		1.8504	1.8510		1.8504	1.8514	
52	2.0472	2.0467	2.0484	2.0496		2.0476	2.0488		2.0472	2.0479		2.0472	2.0484	
55	2.1654	2.1649	2.1666	2.1678		2.1658	2.1670		2.1654	2.1661		2.1654	2.1666	
62	2.4409	2.4404	2.4421	2.4433		2.4413	2.4425		2.4409	2.4416		2.4409	2.4421	
68	2.6772	2.6767	2.6784	2.6796	29 L	2.6776	2.6788	21 L	2.6772	2.6779	12 L	2.6772	2.6784	17 L
72	2.8346	2.8341	2.8358	2.8370	12 L	2.8350	2.8362	4 L	2.8346	2.8353	0 L	2.8346	2.8358	0 L
75	2.9527	2.9522	2.9539	2.9551		2.9532	2.9543		2.9527	2.9534		2.9527	2.9539	
80	3.1496	3.1491	3.1508	3.1520		3.1500	3.1512		3.1496	3.1503		3.1496	3.1508	
85	3.3465	3.3459	3.3479	3.3493		3.3470	3.3484		3.3465	3.3474		3.3465	3.3479	
90	3.5433	3.5427	3.5447	3.5461		3.5438	3.5452		3.5433	3.5442		3.5433	3.5447	
95	3.7402	3.7396	3.7416	3.7430		3.7407	3.7421		3.7402	3.7411		3.7402	3.7416	
100	3.9370	3.9364	3.9384	3.9398	34 L	3.9375	3.9389	25 L	3.9370	3.9379	15 L	3.9370	3.9384	20 L
110	4.3307	4.3301	4.3321	4.3335	14 L	4.3312	4.3326	5 L	4.3307	4.3316	0 L	4.3307	4.3321	0 L
115	4.5276	4.5270	4.5290	4.5304		4.5281	4.5295		4.5276	4.5285		4.5276	4.5290	
120	4.7244	4.7238	4.7258	4.7272		4.7249	4.7263		4.7244	4.7253		4.7244	4.7258	
125	4.9213	4.9206	4.9230	4.9246		4.9219	4.9234		4.9213	4.9223		4.9213	4.9229	
130	5.1181	5.1174	5.1198	5.1214		5.1187	5.1202		5.1181	5.1191		5.1181	5.1197	
140	5.5118	5.5111	5.5135	5.5151	40 L	5.5124	5.5139	28 L	5.5118	5.5128	17 L	5.5118	5.5134	23 L
145	5.7087	5.7080	5.7104	5.7120	17 L	5.7093	5.7108	6 L	5.7087	5.7097	0 L	5.7087	5.7103	0 L
150	5.9055	5.9048	5.9072	5.9088		5.9061	5.9076		5.9055	5.9065		5.9055	5.9071	
160	6.2992	6.2982	6.3009	6.3025		6.2998	6.3013		6.2992	6.3002		6.2992	6.3008	
165	6.4961	6.4951	6.4978	6.4994	43 L	6.4967	6.4982	31 L	6.4961	6.4971	20 L	6.4961	6.4977	26 L
170	6.6929	6.6919	6.6946	6.6962	17 L	6.6935	6.6950	6 L	6.6929	6.6939	0 L	6.6929	6.6945	0 L
180	7.0866	7.0856	7.0883	7.0899		7.0872	7.0887		7.0866	7.0876		7.0866	7.0882	
190	7.4803	7.4791	7.4823	7.4841		7.4809	7.4827		7.4803	7.4814		7.4803	7.4821	
200	7.8740	7.8728	7.8760	7.8778		7.8746	7.8764		7.8740	7.8751		7.8740	7.8758	
210	8.2677	8.2665	8.2697	8.2715		8.2683	8.2701		8.2677	8.2688		8.2677	8.2695	
215	8.4646	8.4634	8.4666	8.4684		8.4652	8.4670		8.4646	8.4657		8.4646	8.4664	
220	8.6614	8.6602	8.6634	8.6652	50 L	8.6620	8.6638	36 L	8.6614	8.6625	23 L	8.6614	8.6632	30 L
225	8.8583	8.8571	8.8603	8.8621	20 L	8.8589	8.8607	6 L	8.8583	8.8594	0 L	8.8583	8.8601	0 L
230	9.0551	9.0539	9.0571	9.0589		9.0557	9.0575		9.0551	9.0562		9.0551	9.0569	
240	9.4488	9.4476	9.4508	9.4526		9.4494	9.4512		9.4488	9.4499		9.4488	9.4506	
250	9.8425	9.8413	9.8445	9.8463		9.8431	9.8449		9.8425	9.8436		9.8425	9.8443	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia F7 Agujero del soporte			G7 Agujero del soporte			H6 Agujero del soporte			H7 Agujero del soporte		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2384	10.2405		10.2369	10.2389		10.2362	10.2375		10.2362	10.2382	
270	10.6299	10.6285	10.6321	10.6342		10.6306	10.6326		10.6299	10.6312		10.6299	10.6319	
280	11.0236	11.0222	11.0258	11.0279	57 L	11.0243	11.0263	41 L	11.0236	11.0249	27 L	11.0236	11.0256	34 L
290	11.4173	11.4159	11.4195	11.4216	22 L	11.4180	11.4200	7 L	11.4173	11.4186	0 L	11.4173	11.4193	0 L
300	11.8110	11.8096	11.8132	11.8153		11.8117	11.8137		11.8110	11.8123		11.8110	11.8130	
310	12.2047	12.2033	12.2069	12.2090		12.2054	12.2074		12.2047	12.2060		12.2047	12.2067	
320	12.5984	12.5968	12.6008	12.6031		12.5991	12.6014		12.5984	12.5998		12.5984	12.6006	
340	13.3858	13.3842	13.3882	13.3905		13.3865	13.3888		13.3858	13.3872		13.3858	13.3880	
360	14.1732	14.1716	14.1756	14.1779	63 L	14.1739	14.1762	46 L	14.1732	14.1746	30 L	14.1732	14.1754	38 L
370	14.5669	14.5654	14.5694	14.5717	24 L	14.5677	14.5700	7 L	14.5669	14.5684	0 L	14.5670	14.5692	0 L
380	14.9606	14.9590	14.9630	14.9653		14.9613	14.9636		14.9606	14.9620		14.9606	14.9628	
400	15.7480	15.7464	15.7504	15.7527		15.7487	15.7510		15.7480	15.7494		15.7480	15.7502	
420	16.5354	16.5336	16.5381	16.5406		16.5362	16.5387		16.5354	16.5370		16.5354	16.5379	
440	17.3228	17.3210	17.3255	17.3280	70 L	17.3236	17.3261	51 L	17.3228	17.3244	34 L	17.3228	17.3253	43 L
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154	27 L	18.1110	18.1135	8 L	18.1102	18.1118	0 L	18.1102	18.1127	0 L
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028		18.8984	18.9009		18.8976	18.8992		18.8976	18.9001	
500	19.6850	19.6832	19.6877	19.6902		19.6858	19.6883		19.6850	19.6866		19.6850	19.6875	
520	20.4724	20.4704	20.4754	20.4781		20.4733	20.4760		20.4724	20.4741		20.4724	20.4752	
540	21.2598	21.2578	21.2628	21.2655		21.2607	21.2634		21.2598	21.2615		21.2598	21.2626	
560	22.0472	22.0452	22.0502	22.0529	77 L	22.0481	22.0508	56 L	22.0472	22.0489	37 L	22.0472	22.0500	48 L
580	22.8346	22.8326	22.8376	22.8403	30 L	22.8355	22.8382	9 L	22.8346	22.8363	0 L	22.8346	22.8374	0 L
600	23.6220	23.6200	23.6250	23.6277		23.6229	23.6256		23.6220	23.6237		23.6220	23.6248	
620	24.4094	24.4074	24.4124	24.4151		24.4103	24.4130		24.4094	24.4111		24.4094	24.4122	
650	25.5906	25.5876	25.5937	25.5969		25.5915	25.5947		25.5906	25.5926		25.5906	25.5937	
670	26.3780	26.3750	26.3811	26.3843		26.3789	26.3821		26.3780	26.3800		26.3780	26.3811	
680	26.7717	26.7687	26.7748	26.7780		26.7726	26.7758		26.7717	26.7737		26.7717	26.7748	
700	27.5591	27.5561	27.5622	27.5654		27.5600	27.5632		27.5591	27.5611		27.5591	27.5622	
720	28.3465	28.3435	28.3496	28.3528	93 L	28.3474	28.3506	71 L	28.3465	28.3485	50 L	28.3465	28.3496	61 L
750	29.5276	29.5246	29.5307	29.5339	31 L	29.5285	29.5317	9 L	29.5276	29.5296	0 L	29.5276	29.5307	0 L
760	29.9213	29.9183	29.9244	29.9276		29.9222	29.9254		29.9213	29.9233		29.9213	29.9244	
780	30.7087	30.7057	30.7118	30.7150		30.7096	30.7128		30.7087	30.7107		30.7087	30.7118	
790	31.1024	31.0994	31.1055	31.1087		31.1033	31.1065		31.1024	31.1044		31.1024	31.1055	
800	31.4961	31.4931	31.4992	31.5024		31.4970	31.5002		31.4961	31.4981		31.4961	31.4992	
820	32.2835	32.2796	32.2869	32.2904		32.2845	32.2881		32.2835	32.2857		32.2835	32.2870	
830	32.6772	32.6733	32.6806	32.6841		32.6782	32.6818		32.6772	32.6794		32.6772	32.6807	
850	33.4646	33.4607	33.4680	33.4715		33.4656	33.4692		33.4646	33.4668		33.4646	33.4681	
870	34.2520	34.2481	34.2554	34.2589	108 L	34.2530	34.2566	85 L	34.2520	34.2542	61 L	34.2520	34.2555	74 L
920	36.2205	36.2166	36.2239	36.2274	34 L	36.2215	36.2251	10 L	36.2205	36.2227	0 L	36.2205	36.2240	0 L
950	37.4016	37.3977	37.4050	37.4085		37.4026	37.4062		37.4016	37.4038		37.4016	37.4051	
980	38.5827	38.5788	38.5861	38.5896		38.5837	38.5873		38.5827	38.5849		38.5827	38.5862	
1 000	39.3701	39.3662	39.3735	39.3770		39.3711	39.3747		39.3701	39.3723		39.3701	39.3736	
1 150	45.2756	45.2707	45.2795	45.2836	129 L	45.2767	45.2808	101 L	45.2756	45.2782	75 L	45.2756	45.2797	90 L
1 250	49.2126	49.2077	49.2165	49.2206	39 L	49.2137	49.2178	11 L	49.2126	49.2152	0 L	49.2126	49.2167	0 L
1 400	55.1181	55.1118	55.1224	55.1274	156 L	55.1193	55.1242	124 L	55.1181	55.1212	94 L	55.1181	55.1230	112 L
1 600	62.9921	62.9858	62.9964	63.0014	43 L	62.9933	62.9982	12 L	62.9921	62.9952	0 L	62.9921	62.9970	0 L

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia H8 Agujero del soporte			H9 Agujero del soporte			H10 Agujero del soporte			J6 Agujero del soporte		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
16	0.6299	0.6296	0.6299	0.6310	14 L 0 L	0.6299	0.6316	20 L 0 L	0.6299	0.6327	31 L 0 L	0.6297	0.6301	5 L 2 T
19	0.7480	0.7476	0.7480	0.7493		0.7480	0.7500		0.7480	0.7513		0.7478	0.7483	
22	0.8661	0.8657	0.8661	0.8674		0.8661	0.8681		0.8661	0.8694		0.8659	0.8664	
24	0.9449	0.9445	0.9449	0.9462	17 L	0.9449	0.9469	24 L	0.9449	0.9482	37 L	0.9447	0.9452	7 L
26	1.0236	1.0232	1.0236	1.0249	0 L	1.0236	1.0256	0 L	1.0236	1.0269	0 L	1.0234	1.0239	2 T
28	1.1024	1.1020	1.1024	1.1037		1.1024	1.1044		1.1024	1.1057		1.1022	1.1027	
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1824		1.1811	1.1831		1.1811	1.1844		1.1809	1.1814	
32	1.2598	1.2594	1.2598	1.2613		1.2598	1.2622		1.2598	1.2637		1.2596	1.2602	
35	1.3780	1.3776	1.3780	1.3795		1.3780	1.3804		1.3780	1.3819		1.3778	1.3784	
37	1.4567	1.4563	1.4567	1.4582	19 L	1.4567	1.4591	28 L	1.4567	1.4606	43 L	1.4565	1.4571	8 L
40	1.5748	1.5744	1.5748	1.5763	0 L	1.5748	1.5772	0 L	1.5748	1.5787	0 L	1.5746	1.5752	2 T
42	1.6535	1.6531	1.6535	1.6550		1.6535	1.6559		1.6535	1.6574		1.6533	1.6539	
47	1.8504	1.8500	1.8504	1.8519		1.8504	1.8528		1.8504	1.8543		1.8502	1.8508	
52	2.0472	2.0467	2.0472	2.0490		2.0472	2.0501		2.0472	2.0519		2.0470	2.0477	
55	2.1654	2.1649	2.1654	2.1672		2.1654	2.1683		2.1654	2.1701		2.1652	2.1659	
62	2.4409	2.4404	2.4409	2.4427	23 L	2.4409	2.4438	34 L	2.4409	2.4456	52 L	2.4407	2.4414	10 L
68	2.6772	2.6767	2.6772	2.6790	0 L	2.6772	2.6801	0 L	2.6772	2.6819	0 L	2.6770	2.6777	2 T
72	2.8346	2.8341	2.8346	2.8364		2.8346	2.8375		2.8346	2.8393		2.8344	2.8351	
75	2.9527	2.9522	2.9527	2.9545		2.9527	2.9556		2.9527	2.9574		2.9525	2.9532	
80	3.1496	3.1491	3.1496	3.1514		3.1496	3.1525		3.1496	3.1543		3.1494	3.1501	
85	3.3465	3.3459	3.3465	3.3486		3.3465	3.3499		3.3465	3.3520		3.3463	3.3471	
90	3.5433	3.5427	3.5433	3.5454		3.5433	3.5467		3.5433	3.5488		3.5431	3.5439	
95	3.7402	3.7396	3.7402	3.7423	27 L	3.7402	3.7436	40 L	3.7402	3.7457	61 L	3.7400	3.7408	12 L
100	3.9370	3.9364	3.9370	3.9391	0 L	3.9370	3.9404	0 L	3.9370	3.9425	0 L	3.9368	3.9376	2 T
110	4.3307	4.3301	4.3307	4.3328		4.3307	4.3341		4.3307	4.3362		4.3305	4.3313	
115	4.5276	4.5270	4.5276	4.5297		4.5276	4.5310		4.5276	4.5331		4.5274	4.5282	
120	4.7244	4.7238	4.7244	4.7265		4.7244	4.7278		4.7244	4.7299		4.7242	4.7250	
125	4.9213	4.9206	4.9213	4.9238		4.9213	4.9252		4.9213	4.9276		4.9210	4.9220	
130	5.1181	5.1174	5.1181	5.1206		5.1181	5.1220		5.1181	5.1244		5.1178	5.1188	
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5143	32 L	5.5118	5.5157	46 L	5.5118	5.5181	70 L	5.5115	5.5125	14 L
145	5.7087	5.7080	5.7087	5.7112	0 L	5.7087	5.7126	0 L	5.7087	5.7150	0 L	5.7084	5.7094	3 T
150	5.9055	5.9048	5.9055	5.9080		5.9055	5.9094		5.9055	5.9118		5.9052	5.9062	
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.3017		6.2992	6.3031		6.2992	6.3055		6.2989	6.2999	
165	6.4961	6.4951	6.4961	6.4986	35 L	6.4961	6.5000	49 L	6.4961	6.5024	73 L	6.4958	6.4968	17 L
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6954	0 L	6.6929	6.6968	0 L	6.6929	6.6992	0 L	6.6926	6.6936	3 T
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0891		7.0866	7.0905		7.0866	7.0929		7.0863	7.0873	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4831		7.4803	7.4848		7.4803	7.4876		7.4800	7.4812	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8768		7.8740	7.8785		7.8740	7.8813		7.8737	7.8749	
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2705		8.2677	8.2722		8.2677	8.2750		8.2674	8.2686	
215	8.4646	8.4634	8.4646	8.4674	40 L	8.4646	8.4691	57 L	8.4646	8.4719	85 L	8.4643	8.4655	21 L
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6642	0 L	8.6614	8.6659	0 L	8.6614	8.6687	0 L	8.6611	8.6623	3 T
225	8.8583	8.8571	8.8583	8.8611		8.8583	8.8628		8.8583	8.8656		8.8580	8.8592	
230	9.0551	9.0539	9.0551	9.0579		9.0551	9.0596		9.0551	9.0624		9.0548	9.0560	
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4516		9.4488	9.4533		9.4488	9.4561		9.4485	9.4497	
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8453		9.8425	9.8470		9.8425	9.8498		9.8422	9.8434	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia H8 Agujero del soporte			H9 Agujero del soporte			H10 Agujero del soporte			J6 Agujero del soporte		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2394		10.2362	10.2413		10.2362	10.2445		10.2359	10.2372	
270	10.6299	10.6285	10.6299	10.6331		10.6299	10.6350		10.6299	10.6382		10.6296	10.6309	
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0268	46 L	11.0236	11.0287	65 L	11.0236	11.0319	97 L	11.0233	11.0246	24 L
290	11.4173	11.4159	11.4173	11.4205	0 L	11.4173	11.4224	0 L	11.4173	11.4256	0 L	11.4170	11.4183	3 T
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8142		11.8110	11.8161		11.8110	11.8193		11.8107	11.8120	
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2079		12.2047	12.2098		12.2047	12.2130		12.2044	12.2057	
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.6019		12.5984	12.6039		12.5984	12.6075		12.5981	12.5995	
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3893		13.3858	13.3913		13.3858	13.3949		13.3855	13.3869	
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1767	51 L	14.1732	14.1787	71 L	14.1732	14.1823	107 L	14.1729	14.1743	27 L
370	14.5669	14.5654	14.5670	14.5705	0 L	14.5669	14.5724	0 L	14.5670	14.5761	0 L	14.5666	14.5681	3 T
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9641		14.9606	14.9661		14.9606	14.9697		14.9603	14.9617	
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7515		15.7480	15.7535		15.7480	15.7571		15.7477	15.7491	
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5392		16.5354	16.5415		16.5354	16.5452		16.5351	16.5367	
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3266	56 L	17.3228	17.3289	79 L	17.3228	17.3326	116 L	17.3225	17.3241	31 L
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1140	0 L	18.1102	18.1163	0 L	18.1102	18.1200	0 L	18.1099	18.1115	3 T
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.9014		18.8976	18.9037		18.8976	18.9074		18.8973	18.8989	
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6888		19.6850	19.6911		19.6850	19.6948		19.6847	19.6863	
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4767		20.4724	20.4793		20.4724	20.4834		20.4721	20.4739	
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2641		21.2598	21.2667		21.2598	21.2708		21.2595	21.2613	
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0515	63 L	22.0472	22.0541	89 L	22.0472	22.0582	130 L	22.0469	22.0487	35 L
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8389	0 L	22.8346	22.8415	0 L	22.8346	22.8456	0 L	22.8343	22.8361	3 T
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6263		23.6220	23.6289		23.6220	23.6330		23.6217	23.6235	
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4137		24.4094	24.4163		24.4094	24.4204		24.4091	24.4109	
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5955		25.5906	25.5985		25.5906	25.6032		25.5902	25.5922	
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3829		26.3780	26.3859		26.3780	26.3906		26.3776	26.3796	
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7766		26.7717	26.7796		26.7717	26.7843		26.7713	26.7733	
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5640		27.5591	27.5670		27.5591	27.5717		27.5587	27.5607	
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3514	79 L	28.3465	28.3544	109 L	28.3465	28.3591	156 L	28.3461	28.3481	46 L
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5325	0 L	29.5276	29.5355	0 L	29.5276	29.5402	0 L	29.5272	29.5292	4 T
760	29.9213	29.9183	29.9213	29.9262		29.9213	29.9292		29.9213	29.9339		29.9209	29.9229	
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7136		30.7087	30.7166		30.7087	30.7213		30.7083	30.7103	
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1073		31.1024	31.1103		31.1024	31.1150		31.1020	31.1040	
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.5010		31.4961	31.5040		31.4961	31.5087		31.4957	31.4968	
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.3890		32.2835	32.2926		32.2835	32.2977		32.2831	32.2853	
830	32.6772	32.6733	32.6772	32.6827		32.6772	32.6863		32.6772	32.6914		32.6768	32.6790	
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4701		33.4646	33.4737		33.4646	33.4788		33.4642	33.4664	
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2575	94 L	34.2520	34.2611	130 L	34.2520	34.2662	181 L	34.2516	34.2538	57 L
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2260	0 L	36.2205	36.2296	0 L	36.2205	36.2347	0 L	36.2201	36.2223	4 T
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4071		37.4016	37.4107		37.4016	37.4158		37.4012	37.4034	
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5882		38.5827	38.5918		38.5827	38.5969		38.5823	38.5845	
1 000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3756		39.3701	39.3792		39.3701	39.3843		–	–	
1 150	45.2756	45.2707	45.2756	45.2821	114 L	45.2756	45.2858	151 L	45.2756	45.2921	214 L	–	–	–
1 250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2191	0 L	49.2126	49.2228	0 L	49.2126	49.2291	0 L	–	–	–
1 400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1258	140 L	55.1181	55.1303	185 L	55.1181	55.1378	260 L	–	–	–
1 600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9998	0 L	62.9921	63.0043	0 L	62.9921	63.0118	0 L	–	–	–

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			**Ajustes resultantes** Clases de tolerancia J7 Agujero del soporte			JS5 Agujero del soporte			K5 Agujero del soporte			K6 Agujero del soporte		
	máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]	máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
16	0.6299	0.6296	0.6296	0.6303	7 L 3 T	0.6297	0.6301	2 T 5 L	0.6297	0.6300	4 L 2 T	0.6295	0.6300	4 L 4 T
19	0.7480	0.7476	0.7476	0.7485		0.7478	0.7481		0.7477	0.7480		0.7476	0.7481	
22	0.8661	0.8657	0.8657	0.8666		0.8659	0.8662		0.8658	0.8661		0.8657	0.8662	
24	0.9449	0.9445	0.9445	0.9454	9 L	0.9447	0.9450	2 T	0.9446	0.9449	4 L	0.9445	0.9450	5 L
26	1.0236	1.0232	1.0232	1.0241	4 T	1.0234	1.0237	5 L	1.0233	1.0236	3 T	1.0232	1.0237	4 T
28	1.1024	1.1020	1.1020	1.1029		1.1022	1.1025		1.1021	1.1024		1.1020	1.1025	
30	1.1811	1.1807	1.1807	1.1816		1.1809	1.1812		1.1808	1.1811		1.1807	1.1812	
32	1.2598	1.2594	1.2594	1.2604		1.2596	1.2600		1.2594	1.2599		1.2593	1.2599	
35	1.3780	1.3776	1.3776	1.3786		1.3778	1.3782		1.3776	1.3781		1.3775	1.3781	
37	1.4567	1.4563	1.4563	1.4573	10 L	1.4565	1.4569	2 T	1.4563	1.4568	5 L	1.4562	1.4568	5 L
40	1.5748	1.5744	1.5744	1.5754	4 T	1.5746	1.5750	6 L	1.5744	1.5749	4 T	1.5743	1.5749	5 T
42	1.6535	1.6531	1.6531	1.6541		1.6533	1.6537		1.6531	1.6536		1.6530	1.6536	
47	1.8504	1.8500	1.8500	1.8510		1.8502	1.8506		1.8500	1.8505		1.8499	1.8505	
52	2.0472	2.0467	2.0467	2.0479		2.0469	2.0475		2.0468	2.0473		2.0466	2.0474	
55	2.1654	2.1649	2.1649	2.1661		2.1651	2.1657		2.1650	2.1655		2.1648	2.1656	
62	2.4409	2.4404	2.4404	2.4416		2.4406	2.4412		2.4405	2.4410		2.4403	2.4411	
68	2.6772	2.6767	2.6767	2.6779	12 L	2.6769	2.6775	3 T	2.6768	2.6773	6 L	2.6766	2.6774	7 L
72	2.8346	2.8341	2.8341	2.8353	5 T	2.8343	2.8349	8 L	2.8342	2.8347	4 T	2.8340	2.8348	6 T
75	2.9527	2.9522	2.9522	2.9534		2.9524	2.9530		2.9523	2.9528		2.9521	2.9529	
80	3.1496	3.1491	3.1491	3.1503		3.1493	3.1499		3.1492	3.1497		3.1490	3.1498	
85	3.3465	3.3459	3.3460	3.3474		3.3462	3.3468		3.3460	3.3466		3.3458	3.3467	
90	3.5433	3.5427	3.5428	3.5442		3.5430	3.5436		3.5428	3.5434		3.5426	3.5435	
95	3.7402	3.7396	3.7397	3.7411		3.7399	3.7405		3.7397	3.7403		3.7395	3.7404	
100	3.9370	3.9364	3.9365	3.9379	15 L	3.9367	3.9373	3 T	3.9365	3.9371	7 L	3.9363	3.9372	8 L
110	4.3307	4.3301	4.3302	4.3316	5 T	4.3304	4.3310	9 L	4.3302	4.3308	5 T	4.3300	4.3309	7 T
115	4.5276	4.5270	4.5271	4.5285		4.5273	4.5279		4.5271	4.5277		4.5269	4.5278	
120	4.7244	4.7238	4.7239	4.7253		4.7241	4.7247		4.7239	4.7245		4.7237	4.7246	
125	4.9213	4.9206	4.9207	4.9223		4.9209	4.9217		4.9207	4.9214		4.9205	4.9215	
130	5.1181	5.1174	5.1175	5.1191		5.1177	5.1185	4 T	5.1175	5.1182	8 L	5.1173	5.1183	9 L
140	5.5118	5.5111	5.5112	5.5128	17 L	5.5114	5.5122	11 L	5.5112	5.5119	6 T	5.5110	5.5120	8 T
145	5.7087	5.7080	5.7081	5.7097	6 T	5.7083	5.7091		5.7081	5.7088		5.7079	5.7089	
150	5.9055	5.9048	5.9049	5.9065		5.9051	5.9059		5.9049	5.9056		5.9047	5.9057	
160	6.2992	6.2982	6.2986	6.3002		6.2988	6.2995		6.2986	6.2993		6.2984	6.2994	
165	6.4961	6.4951	6.4955	6.4971		6.4957	6.4964	4 T	6.4955	6.4962	11 L	6.4953	6.4963	12 L
170	6.6929	6.6919	6.6923	6.6939	20 L	6.6925	6.6932	13 L	6.6923	6.6930	6 T	6.6921	6.6931	8 T
180	7.0866	7.0856	7.0860	7.0876	6 T	7.0862	7.0869		7.0860	7.0867		7.0858	7.0868	
190	7.4803	7.4791	7.4797	7.4815		7.4799	7.4807		7.4796	7.4804		7.4794	7.4805	
200	7.8740	7.8728	7.8734	7.8752		7.8736	7.8744		7.8733	7.8741		7.8731	7.8742	
210	8.2677	8.2665	8.2671	8.2689		8.2673	8.2681		8.2670	8.2678		8.2668	8.2679	
215	8.4646	8.4634	8.4640	8.4658		8.4642	8.4650	4 T	8.4639	8.4647		8.4637	8.4648	
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6626	24 L	8.6610	8.6618	16 L	8.6607	8.6615	13 L	8.6605	8.6616	14 L
225	8.8583	8.8571	8.8577	8.8595	6 T	8.8579	8.8587		8.8576	8.8584	7 T	8.8574	8.8585	9 T
230	9.0551	9.0539	9.0545	9.0563		9.0547	9.0555		9.0544	9.0552		9.0542	9.0553	
240	9.4488	9.4476	9.4482	9.4500		9.4484	9.4492		9.4481	9.4489		9.4479	9.4490	
250	9.8425	9.8413	9.8419	9.8437		9.8421	9.8429		9.8418	9.8426		9.8416	9.8427	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
			J7			JS5			K5			K6			
			Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2356	10.2376		10.2357	10.2366		10.2354	10.2363		10.2351	10.2364	
270	10.6299	10.6285	10.6293	10.6313		10.6294	10.6303		10.6291	10.6300		10.6288	10.6301	
280	11.0236	11.0222	11.0230	11.0250	28 L	11.0231	11.0240	5 T	11.0228	11.0237	15 L	11.0225	11.0238	16 L
290	11.4173	11.4159	11.4167	11.4187	6 T	11.4168	11.4177	18 L	11.4165	11.4174	8 T	11.4162	11.4175	11 T
300	11.8110	11.8096	11.8104	11.8124		11.8105	11.8114		11.8102	11.8111		11.8099	11.8112	
310	12.2047	12.2033	12.2041	12.2061		12.2042	12.2051		12.2039	12.2048		12.2036	12.2049	
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5999		12.5979	12.5989		12.5975	12.5985		12.5973	12.5986	
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3873		13.3853	13.3863		13.3849	13.3859		13.3847	13.3860	
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1747	31 L	14.1727	14.1737	5 T	14.1723	14.1733	17 L	14.1721	14.1734	19 L
370	14.5669	14.5654	14.5662	14.5685	7 T	14.5664	14.5675	21 L	14.5660	14.5670	9 T	14.5658	14.5672	11 T
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9621		14.9601	14.9611		14.9597	14.9607		14.9595	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7495		15.7475	15.7485		15.7471	15.7481		15.7469	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5371		16.5349	16.5359		16.5344	16.5355		16.5341	16.5356	
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3245		17.3223	17.3233		17.3218	17.3229		17.3215	17.3230	
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1119	35 L	18.1097	18.1107	5 T	18.1092	18.1103	19 L	18.1089	18.1104	21 L
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8993	8 T	18.8971	18.8981	23 L	18.8966	18.8977	10 T	18.8963	18.8978	13 T
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6867		19.6845	19.6855		19.6840	19.6851		19.6837	19.6852	
520	20.4724	20.4704	20.4715	20.4743		–	–		–	–		20.4707	20.4724	
540	21.2598	21.2578	21.2589	21.2617		–	–		–	–		21.2581	21.2598	
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0491	39 L	–	–	–	–	–	–	22.0455	22.0472	20 L
580	22.8346	22.8326	22.8337	22.8365	9 T	–	–	–	–	–	–	22.8329	22.8346	17 T
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6239		–	–		–	–		23.6203	23.6220	
620	24.4094	24.4074	24.4085	24.4113		–	–		–	–		24.4077	24.4094	
650	25.5906	25.5876	25.5897	25.5928		–	–		–	–		25.5886	25.5906	
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3802		–	–		–	–		26.3760	26.3780	
680	26.7717	26.7687	26.7708	26.7739		–	–		–	–		26.7697	26.7717	
700	27.5591	27.5561	27.5582	27.5613		–	–		–	–		27.5571	27.5591	
720	28.3465	28.3435	28.3456	28.3487	52 L	–	–	–	–	–	–	28.3445	28.3465	30 L
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5298	9 T	–	–	–	–	–	–	29.5256	29.5276	20 T
760	29.9213	29.9183	29.9204	29.9235		–	–		–	–		29.9193	29.9213	
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7109		–	–		–	–		30.7067	30.7087	
790	31.1024	31.0994	31.1015	31.1046		–	–		–	–		31.1004	31.1024	
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4974		–	–		–	–		31.4941	31.4952	
820	32.2835	32.2796	32.2825	32.2860		–	–		–	–		32.2813	32.2835	
830	32.6772	32.6733	32.6762	32.6797		–	–		–	–		32.6750	32.6772	
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4671		–	–		–	–		33.4624	33.4646	
870	34.2520	34.2481	34.2510	34.2545	64 L	–	–	–	–	–	–	34.2498	34.2520	39 L
920	36.2205	36.2166	36.2195	36.2230	10 T	–	–	–	–	–	–	36.2183	36.2205	22 T
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.4041		–	–		–	–		37.3994	37.4016	
980	38.5827	38.5788	38.5817	38.5852		–	–		–	–		38.5805	38.5827	
1 000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–		–	–	
1 150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia K7			M5			M6			M7		
			Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
16	0.6299	0.6296	0.6294	0.6301	5 L 5 T	0.6294	0.6298	2 L 5 T	0.6293	0.6297	1 L 6 T	0.6292	0.6299	3 L 7 T
19	0.7480	0.7476	0.7474	0.7482		0.7474	0.7478		0.7473	0.7478		0.7472	0.7480	
22	0.8661	0.8657	0.8655	0.8663		0.8655	0.8659		0.8654	0.8659		0.8653	0.8661	
24	0.9449	0.9445	0.9443	0.9451	6 L	0.9443	0.9447	2 L	0.9442	0.9447	2 L	0.9441	0.9449	4 L
26	1.0236	1.0232	1.0230	1.0238	6 T	1.0230	1.0234	6 T	1.0229	1.0234	7 T	1.0228	1.0236	8 T
28	1.1024	1.1020	1.1018	1.1026		1.1018	1.1022		1.1017	1.1022		1.1016	1.1024	
30	1.1811	1.1807	1.1805	1.1813		1.1805	1.1809		1.1804	1.1809		1.1803	1.1811	
32	1.2598	1.2594	1.2591	1.2601		1.2592	1.2596		1.2590	1.2596		1.2588	1.2598	
35	1.3780	1.3776	1.3773	1.3783		1.3774	1.3778		1.3772	1.3778		1.3770	1.3780	
37	1.4567	1.4563	1.4560	1.4570	7 L	1.4561	1.4565	2 L	1.4559	1.4565	2 L	1.4557	1.4567	4 L
40	1.5748	1.5744	1.5741	1.5751	7 T	1.5742	1.5746	6 T	1.5740	1.5746	8 T	1.5738	1.5748	10 T
42	1.6535	1.6531	1.6528	1.6538		1.6529	1.6533		1.6527	1.6533		1.6525	1.6535	
47	1.8504	1.8500	1.8497	1.8507		1.8498	1.8502		1.8496	1.8502		1.8494	1.8504	
52	2.0472	2.0467	2.0464	2.0476		2.0465	2.0470		2.0463	2.0470		2.0460	2.0472	
55	2.1654	2.1649	2.1646	2.1658		2.1647	2.1652		2.1645	2.1652		2.1642	2.1654	
62	2.4409	2.4404	2.4401	2.4413		2.4402	2.4407		2.4400	2.4407		2.4397	2.4409	
68	2.6772	2.6767	2.6764	2.6776	9 L	2.6765	2.6770	3 L	2.6763	2.6770	3 L	2.6760	2.6772	5 L
72	2.8346	2.8341	2.8338	2.8350	8 T	2.8339	2.8344	7 T	2.8337	2.8344	3 T	2.8334	2.8346	12 T
75	2.9527	2.9522	2.9519	2.9531		2.9520	2.9525		2.9518	2.9525		2.9516	2.9528	
80	3.1496	3.1491	3.1488	3.1500		3.1489	3.1494		3.1487	3.1494		3.1484	3.1496	
85	3.3465	3.3459	3.3455	3.3469		3.3456	3.3462		3.3454	3.3463		3.3451	3.3465	
90	3.5433	3.5427	3.5423	3.5437		3.5424	3.5430		3.5422	3.5431		3.5419	3.5433	
95	3.7402	3.7396	3.7392	3.7406		3.7393	3.7399		3.7391	3.7400		3.7388	3.7402	
100	3.9370	3.9364	3.9360	3.9374	10 L	3.9361	3.9367	3 L	3.9359	3.9368	4 L	3.9356	3.9370	6 L
110	4.3307	4.3301	4.3297	4.3311	10 T	4.3298	4.3304	9 T	4.3296	4.3305	11 T	4.3293	4.3307	14 T
115	4.5276	4.5270	4.5266	4.5280		4.5267	4.5273		4.5265	4.5274		4.5262	4.5276	
120	4.7244	4.7238	4.7234	4.7248		4.7235	4.7241		4.7233	4.7242		4.7230	4.7244	
125	4.9213	4.9206	4.9202	4.9218		4.9202	4.9210		4.9200	4.9210		4.9197	4.9213	
130	5.1181	5.1174	5.1170	5.1186		5.1170	5.1178		5.1168	5.1178		5.1165	5.1181	
140	5.5118	5.5111	5.5107	5.5123	12 L	5.5107	5.5115	4 L	5.5105	5.5115	4 L	5.5102	5.5118	7 L
145	5.7087	5.7080	5.7076	5.7092	11 T	5.7076	5.7084	11 T	5.7074	5.7084	13 T	5.7071	5.7087	16 T
150	5.9055	5.9048	5.9044	5.9060		5.9044	5.9052		5.9042	5.9052		5.9039	5.9055	
160	6.2992	6.2982	6.2981	6.2997		6.2981	6.2988		6.2979	6.2989		6.2976	6.2992	
165	6.4961	6.4951	6.4950	6.4966		6.4950	6.4957		6.4948	6.4958		6.4945	6.4961	
170	6.6929	6.6919	6.6918	6.6934	15 L	6.6918	6.6925	6 L	6.6916	6.6926	7 L	6.6913	6.6929	10 L
180	7.0866	7.0856	7.0855	7.0871	11 T	7.0855	7.0862	11 T	7.0853	7.0863	13 T	7.0850	7.0866	16 T
190	7.4803	7.4791	7.4790	7.4808		7.4791	7.4798		7.4788	7.4800		7.4785	7.4803	
200	7.8740	7.8728	7.8727	7.8745		7.8728	7.8735		7.8725	7.8737		7.8722	7.8740	
210	8.2677	8.2665	8.2664	8.2682		8.2665	8.2672		8.2662	8.2674		8.2659	8.2677	
215	8.4646	8.4634	8.4633	8.4651	17 L	8.4634	8.4641	7 L	8.4631	8.4643	9 L	8.4628	8.4646	12 L
220	8.6614	8.6602	8.6601	8.6619	13 T	8.6602	8.6609	12 T	8.6599	8.6611	15 T	8.6596	8.6614	18 T
225	8.8583	8.8571	8.8570	8.8588		8.8571	8.8578		8.8568	8.8580		9.0571	8.8583	
230	9.0551	9.0539	9.0538	9.0556		9.0539	9.0546		9.0536	9.0548		9.0533	9.0551	
240	9.4488	9.4476	9.4475	9.4493		9.4476	9.4483		9.4473	9.4485		9.4470	9.4488	
250	9.8425	9.8413	9.8412	9.8430		9.8413	9.8420		9.8410	9.8422		9.8407	9.8425	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia												
			K7			M5			M6			M7			
			Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2348	10.2368		10.2348	10.2357		10.2346	10.2364		10.2342	10.2362	
270	10.6299	10.6285	10.6285	10.6305		10.6285	10.6294		10.6283	10.6301		10.6279	10.6299	
280	11.0236	11.0222	11.0222	11.0242	20 L	11.0222	11.0231	9 L	11.0220	11.0238	10 L	11.0216	11.0236	14 L
290	11.4173	11.4159	11.4159	11.4179	14 T	11.4159	11.4168	14 T	11.4157	11.4175	16 T	11.4153	11.4173	20 T
300	11.8110	11.8096	11.8096	11.8116		11.8096	11.8105		11.8094	11.8112		11.8090	11.8110	
310	12.2047	12.2033	12.2033	12.2053		12.2033	12.2042		12.2031	12.2049		12.2027	12.2047	
320	12.5984	12.5968	12.5968	12.5991		12.5969	12.5978		12.5966	12.5986		12.5962	12.5984	
340	13.3858	13.3842	13.3842	13.3865		13.3843	13.3852		13.3840	13.3860		12.3836	12.3858	
360	14.1732	14.1716	14.1716	14.1739	23 L	14.1717	14.1726	10 L	14.1714	14.1734	12 L	14.1710	14.1732	16 L
370	14.5669	14.5654	14.5653	14.5677	16 T	14.5654	14.5664	15 T	14.5651	14.5672	18 T	14.5647	14.5669	22 T
380	14.9606	14.9590	14.9590	14.9613		14.9591	14.9600		14.9588	14.9608		14.9584	14.9606	
400	15.7480	15.7464	15.7464	15.7487		15.7465	15.7474		15.7462	15.7482		15.7458	15.7480	
420	16.5354	16.5336	16.5336	16.5361		16.5337	16.5347		16.5334	16.5356		16.5329	16.5354	
440	17.3228	17.3210	17.3210	17.3235		17.3211	17.3221		17.3208	17.3230		17.3203	17.3228	
460	18.1102	18.1084	18.1084	18.1109	25 L	18.1085	18.1095	11 L	18.1082	18.1104	14 L	18.1077	18.1102	18 L
480	18.8976	18.8958	18.8958	18.8983	18 T	18.8959	18.8969	17 T	18.8956	18.8978	20 T	18.8951	18.8976	25 T
500	19.6850	19.6832	19.6832	19.6857		19.6833	19.6843		19.6830	19.6852		19.6825	19.6850	
520	20.4724	20.4704	20.4696	20.4724		–	–		20.4696	20.4714		20.4686	20.4714	
540	21.2598	21.2578	21.2570	21.2598		–	–		21.2570	21.2588		21.2560	21.2588	
560	22.0472	22.0452	22.0444	22.0472	20 L	–	–	–	22.0444	22.0462	10 L	22.0435	22.0462	10 L
580	22.8346	22.8326	22.8318	22.8346	28 T	–	–	–	22.8318	22.8336	28 T	22.8308	22.8336	38 T
600	23.6220	23.6200	23.6192	23.6220		–	–		23.6192	23.6210		23.6182	23.6210	
620	24.4094	24.4074	24.4066	24.4094		–	–		24.4066	24.4084		24.4056	24.4084	
650	25.5906	25.5876	25.5875	25.5906		–	–		25.5875	25.5894		25.5863	25.5894	
670	26.3780	26.3750	26.3749	26.3780		–	–		26.3749	26.3768		26.3737	26.3768	
680	26.7717	26.7687	26.7686	26.7717		–	–		26.7686	26.7705		26.7674	26.7705	
700	27.5591	27.5561	27.5560	27.5591		–	–		27.5560	27.5579		27.5548	27.5579	
720	28.3465	28.3435	28.3434	28.3465	30 L	–	–	–	28.3434	28.3453	18 L	28.3422	28.3453	18 L
750	29.5276	29.5246	29.5245	29.5276	31 T	–	–	–	29.5245	29.5264	31 T	29.5233	29.5264	43 T
760	29.9213	29.9183	29.9182	29.9213		–	–		29.9182	29.9201		29.9169	29.9201	
780	30.7087	30.7057	30.7056	30.7087		–	–		30.7056	30.7075		30.7044	30.7075	
790	31.1024	31.0994	31.0993	31.1024		–	–		31.0993	31.1012		31.0981	31.1012	
800	31.4961	31.4931	31.4930	31.4952		–	–		31.4930	31.4940		31.4917	31.4949	
820	32.2835	32.2796	32.2800	32.2835		–	–		32.2800	32.2822		32.2786	32.2822	
830	32.6772	32.6733	32.6737	32.6772		–	–		32.6737	32.6759		32.6723	32.6758	
850	33.4646	33.4607	33.4611	33.4646		–	–		33.4611	33.4633		33.4597	33.4633	
870	34.2520	34.2481	34.2485	34.2520	39 L	–	–	–	34.2485	34.2507	26 L	34.2471	34.2507	26 L
920	36.2205	36.2166	36.2170	36.2205	35 T	–	–	–	36.2170	36.2192	35 T	36.2156	36.2192	49 T
950	37.4016	37.3977	37.3981	37.4016		–	–		37.3981	37.4003		37.3967	37.4003	
980	38.5827	38.5788	38.5792	38.5827		–	–		38.5792	38.5814		38.5778	38.5814	
1 000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–		39.3652	39.3688	
1 150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45.2699	45.2740	33 L
1 250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49.2069	49.2110	57 T
1 400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55.1113	55.1162	44 L
1 600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–	62.9853	62.9902	68 T

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Anexo B-4

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia N6			N7			P6			P7		
	máx.	mín.	Agujero del soporte máx.	mín.	Ajuste[1]	Agujero del soporte máx.	mín.	Ajuste[1]	Agujero del soporte máx.	mín.	Ajuste[1]	Agujero del soporte máx.	mín.	Ajuste[1]
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
16	0.6299	0.6296	0.6291	0.6295	1 T 8 T	0.6290	0.6297	1 L 9 T	0.6289	0.6293	3 T 10 T	0.6288	0.6295	1 T 11 T
19	0.7480	0.7476	0.7471	0.7476		0.7469	0.7477		0.7468	0.7473		0.7466	0.7474	
22	0.8661	0.8657	0.8652	0.8657		0.8650	0.8658		0.8649	0.8654		0.8647	0.8655	
24	0.9449	0.9445	0.9440	0.9445	0 T	0.9438	0.9446	1 L	0.9437	0.9442	3 T	0.9435	0.9443	2 T
26	1.0236	1.0232	1.0227	1.0232	9 T	1.0225	1.0233	11 T	1.0224	1.0229	12 T	1.0222	1.0230	14 T
28	1.1024	1.1020	1.1015	1.1020		1.1013	1.1021		1.1012	1.1017		1.1010	1.1018	
30	1.1811	1.1807	1.1802	1.1807		1.1800	1.1808		1.1799	1.1804		1.1797	1.1805	
32	1.2598	1.2594	1.2587	1.2593		1.2585	1.2595		1.2583	1.2590		1.2581	1.2591	
35	1.3780	1.3776	1.3769	1.3775		1.3767	1.3777		1.3765	1.3772		1.3763	1.3773	
37	1.4567	1.4563	1.4556	1.4562	1 T	1.4554	1.4564	1 L	1.4552	1.4559	4 T	1.4550	1.4560	3 T
40	1.5748	1.5744	1.5737	1.5743	11 T	1.5735	1.5745	13 T	1.5733	1.5740	15 T	1.5731	1.5741	17 T
42	1.6535	1.6531	1.6524	1.6530		1.6522	1.6532		1.6520	1.6527		1.6518	1.6528	
47	1.8504	1.8500	1.8493	1.8499		1.8491	1.8501		1.8489	1.8496		1.8487	1.8497	
52	2.0472	2.0467	2.0459	2.0466		2.0457	2.0468		2.0454	2.0462		2.0452	2.0464	
55	2.1654	2.1649	2.1641	2.1648		2.1639	2.1650		2.1636	2.1644		2.1634	2.1646	
62	2.4409	2.4404	2.4396	2.4403		2.4394	2.4405		2.4391	2.4399		2.4389	2.4401	
68	2.6772	2.6767	2.6759	2.6766	1 T	2.6760	2.6770	1 L	2.6750	2.6760	5 T	2.6752	2.6763	3 T
72	2.8346	2.8341	2.8333	2.8340	13 T	2.8331	2.8342	15 T	2.8328	2.8336	18 T	2.8326	2.8338	20 T
75	2.9527	2.9522	2.9515	2.9522		2.9510	2.9520		2.9510	2.9520		2.9507	2.9519	
80	3.1496	3.1491	3.1483	3.1490		3.1481	3.1492		3.1478	3.1486		3.1476	3.1488	
85	3.3465	3.3459	3.3450	3.3459		3.3447	3.3461		3.3445	3.3453		3.3442	3.3456	
90	3.5433	3.5427	3.5418	3.5427		3.5415	3.5429		3.5413	3.5421		3.5410	3.5424	
95	3.7402	3.7396	3.7387	3.7396		3.7380	3.7400		3.7380	3.7390		3.7378	3.7392	
100	3.9370	3.9364	3.9355	3.9364	0 T	3.9352	3.9366	2 L	3.9350	3.9358	6 T	3.9347	3.9361	3 T
110	4.3307	4.3301	4.3292	4.3301	15 T	4.3289	4.3303	18 T	4.3287	4.3295	20 T	4.3284	4.3298	23 T
115	4.5276	4.5270	4.5261	4.5270		4.5258	4.5272		4.5256	4.5264		4.5253	4.5267	
120	4.7244	4.7238	4.7229	4.7238		4.7226	4.7240		4.7224	4.7232		4.7221	4.7235	
125	4.9213	4.9206	4.9195	4.9205		4.9193	4.9208		4.9189	4.9199		4.9186	4.9202	
130	5.1181	5.1174	5.1163	5.1173		5.1161	5.1176		5.1157	5.1167		5.1154	5.1170	
140	5.5118	5.5111	5.5100	5.5110	1 T	5.5098	5.5113	2 L	5.5094	5.5104	7 T	5.5091	5.5107	4 T
145	5.7087	5.7080	5.7069	5.7079	18 T	5.7067	5.7082	20 T	5.7063	5.7073	24 T	5.7060	5.7076	27 T
150	5.9055	5.9048	5.9037	5.9047		5.9035	5.9050		5.9031	5.9041		5.9028	5.9044	
160	6.2992	6.2982	6.2974	6.2984		6.2972	6.2987		6.2968	6.2978		6.2965	6.2981	
165	6.4961	6.4951	6.4943	6.4953		6.4940	6.4960		6.4940	6.4950		6.4934	6.4950	
170	6.6929	6.6919	6.6911	6.6921	2 L	6.6909	6.6924	5 L	6.6905	6.6915	4 T	6.6902	6.6918	1 T
180	7.0866	7.0856	7.0848	7.0858	18 T	7.0846	7.0861	20 T	7.0842	7.0852	24 T	7.0839	7.0855	27 T
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4794		7.4779	7.4797		7.4775	7.4787		7.4772	7.4790	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8731		7.8716	7.8734		7.8712	7.8724		7.8709	7.8727	
210	8.2677	8.2665	8.2657	8.2668		8.2653	8.2671		8.2649	8.2661		8.2646	8.2664	
215	8.4646	8.4634	8.4626	8.4637		8.4622	8.4640		8.4618	8.4630		8.4615	8.4633	
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6606	3 L	8.6590	8.6610	6 L	8.6590	8.6600	4 T	8.6583	8.6601	1 T
225	8.8583	8.8571	8.8563	8.8574	20 T	8.8559	8.8577	24 T	8.8555	8.8567	28 T	8.8552	8.8570	31 T
230	9.0551	9.0539	9.0531	9.0543		9.0530	9.0550		9.0520	9.0540		9.0520	9.0538	
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4479		9.4464	9.4482		9.4460	9.4472		9.4457	9.4475	
250	9.8425	9.8413	9.8405	9.8416		9.8401	9.8419		9.8397	9.8409		9.8394	9.8412	

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Tolerancias del soporte y ajustes resultantes (pulgadas)

Diámetro exterior del rodamiento D			Ajustes resultantes Clases de tolerancia N6			N7			P6			P7		
			Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]	Agujero del soporte		Ajuste[1]
	máx.	mín.	máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.		máx.	mín.	
mm	pulg.		pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–	pulg.		–
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2352		10.2336	10.2356		10.2331	10.2343		10.2327	10.2348	
270	10.6299	10.6285	10.6277	10.6289		10.6270	10.6290		10.6270	10.6280		10.6265	10.6285	
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0226	4 L	11.0210	11.0230	8 L	11.0205	11.0217	5 T	11.0201	11.0222	0 T
290	11.4173	11.4159	11.4151	11.4163	22 T	11.4150	11.4170	26 T	11.4140	11.4150	31 T	11.4139	11.4159	35 T
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8100		11.8084	11.8104		11.8079	11.8091		11.8075	11.8096	
310	12.2047	12.2033	12.2025	12.2037		12.2021	12.2041		12.2016	12.2028		12.2012	12.2033	
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5974		12.5955	12.5978		12.5950	12.5964		12.5945	12.5968	
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3848		13.3829	13.3852		13.3824	13.3838		13.3819	13.3842	
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1722	6 L	14.1703	14.1726	10 L	14.1698	14.1712	4 T	14.1693	14.1716	0 T
370	14.5669	14.5654	14.5645	14.5659	24 T	14.5640	14.5660	29 T	14.5640	14.5650	34 T	14.5631	14.5653	39 T
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9596		14.9577	14.9600		14.9572	14.9586		14.9567	14.9590	
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7470		15.7451	15.7474		15.7446	15.7460		15.7441	15.7464	
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5343		16.5323	16.5347		16.5317	16.5332		16.5311	16.5336	
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3217		17.3197	17.3221		17.3191	17.3206		17.3185	17.3210	
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1091	7 L	18.1071	18.1095	11 L	18.1065	18.1080	4 T	18.1059	18.1084	0 T
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8965	26 T	18.8945	18.8969	31 T	18.8939	18.8954	37 T	18.8933	18.8958	43 T
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6839		19.6819	19.6843		19.6813	19.6828		19.6807	19.6832	
520	20.4724	20.4704	20.4689	20.4707		20.4679	20.4707		20.4676	20.4693		20.4666	20.4693	
540	21.2598	21.2578	21.2563	21.2581		21.2553	21.2581		21.2550	21.2567		21.2540	21.2567	
560	22.0472	22.0452	22.0438	22.0455	3 L	22.0430	22.0460	3 L	22.0420	22.0440	11 T	22.0414	22.0442	11 T
580	22.8346	22.8326	22.8311	22.8329	35 T	22.8301	22.8329	45 T	22.8298	22.8315	48 T	22.8288	22.8315	58 T
600	23.6220	23.6200	23.6185	23.6203		23.6175	23.6203		23.6172	23.6189		23.6162	23.6189	
620	24.4094	24.4074	24.4059	24.4077		24.4049	24.4077		24.4046	24.4063		24.4036	24.4063	
650	25.5906	25.5876	25.5867	25.5886		25.5855	25.5886		25.5852	25.5871		25.5840	25.5871	
670	26.3780	26.3750	26.3741	26.3760		26.3729	26.3760		26.3726	26.3745		26.3714	26.3745	
680	26.7717	26.7687	26.7678	26.7697		26.7666	26.7697		26.7663	26.7682		26.7651	26.7682	
700	27.5591	27.5561	27.5552	27.5571		27.5540	27.5571		27.5537	27.5556		27.5525	27.5556	
720	28.3465	28.3435	28.3426	28.3445	10 L	28.3414	28.3445	10 L	28.3411	28.3430	5 T	28.3399	28.3430	5 T
750	29.5276	29.5246	29.5237	29.5256	39 T	29.5225	29.5256	51 T	29.5222	29.5241	54 T	29.5210	29.5241	66 T
760	29.9213	29.9183	29.9173	29.9193		29.9160	29.9190		29.9160	29.9180		29.9146	29.9178	
780	30.7087	30.7057	30.7048	30.7067		30.7036	30.7077		30.7033	30.7052		30.7021	30.7052	
790	31.1024	31.0994	31.0985	31.1004		31.0973	31.1004		31.0970	31.0989		31.0958	31.0989	
800	31.4961	31.4931	31.4921	31.4941		31.4910	31.4940		31.4910	31.4930		31.4894	31.4926	
820	32.2835	32.2796	32.2791	32.2813		31.2778	32.2813		32.2774	32.2796		32.2760	32.2796	
830	32.6772	32.6733	32.6728	32.6750		32.6710	32.6750		32.6710	32.6730		32.6697	32.6732	
850	33.4646	33.4607	33.4602	33.4624		33.4589	33.4624		33.4585	33.4607		33.4571	33.4607	
870	34.2520	34.2481	34.2476	34.2498	17 L	34.2463	34.2498	17 L	34.2459	34.2481	0 T	34.2445	34.2481	0 T
920	36.2205	36.2166	36.2161	36.2183	44 T	36.2148	36.2183	57 T	36.2144	36.2166	61 T	36.2130	36.2166	75 T
950	37.4016	37.3977	37.3972	37.3994		37.3959	37.3994		37.3955	37.3977		37.3941	37.3977	
980	38.5827	38.5788	38.5783	38.5805		38.5770	38.5805		38.5766	38.5788		38.5752	38.5788	
1 000	39.3701	39.3662	39.3657	39.3679		39.3644	39.3679		39.3640	39.3662		39.3626	39.3662	
1 150	45.2756	45.2707	45.2704	45.2730	23 L	45.2689	45.2730	23 L	45.2683	45.2709	2 L	45.2667	45.2709	2 L
1 250	49.2126	49.2077	49.2074	49.2100	52 T	49.2059	49.2100	67 T	49.2053	49.2079	73 T	40.2037	49.2079	89 T
1 400	55.1181	55.1118	55.1120	55.1150	32 L	55.1101	55.1150	32 L	55.1095	55.1126	8 L	55.1077	55.1126	8 L
1 600	62.9921	62.9858	62.9860	62.9890	61 T	62.9841	62.9890	80 T	62.9835	62.9866	86 T	62.9817	62.9866	104 T

[1] Ajuste resultante en 0.0001 pulg. L indica un ajuste de juego (flojo), T indica un ajuste de interferencia (apretado).

Desviaciones modificadas del diámetro del eje para su uso con rodamientos en pulgadas

Diámetro nominal		Desviaciones modificadas para ajustes con juegos/interferencias según la clase de tolerancia:											
Asiento del eje		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
Agujero del rodamiento													
más de	hasta incl.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		µm											
10	**18**	+2	–4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+14	+7	+17	+14
18	**30**	+3	–7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+17	+6	+21	+15
30	**50**	+3	–12	+12	–3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	**76,2**	+5	–16	+15	–6	+21	+6	+27	+6	+25	+3	+30	+15
76,2	**80**	+5	–4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+25	+15	+30	+27
80	**120**	+8	–9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	**180**	+11	–14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+38	+12	+46	+28
180	**250**	+15	–19	+30	–4	+37	+12	+46	+12	+45	+10	+54	+29
250	**304,8**	+18	–24	+35	–7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	**315**	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	**400**	+22	–3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	**500**	+25	–9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	**609,6**	+28	–15	+50	+7	–	–	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	**630**	+28	+10	+50	+32	–	–	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	**800**	+51	+2	+75	+26	–	–	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	**914,4**	+74	–6	+100	+20	–	–	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	**1 000**	+74	+20	+100	+46	–	–	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	**1 219,2**	+97	+8	+125	+36	–	–	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Diámetro nominal		Desviaciones modificadas para ajustes con juegos/interferencias según la clase de tolerancia:									
Asiento del eje		k6		m5		m6		n6		p6	
Agujero del rodamiento											
más de	hasta incl.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		µm									
10	**18**	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
18	**30**	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
30	**50**	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
50	**76,2**	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
76,2	**80**	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
80	**120**	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
120	**180**	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
180	**250**	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
250	**304,8**	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
304,8	**315**	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
315	**400**	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
400	**500**	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
500	**609,6**	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
609,6	**630**	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
630	**800**	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
800	**914,4**	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
914,4	**1 000**	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1 000	**1 219,2**	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

Anexo B-6

Desviaciones modificadas del diámetro del agujero del soporte para su uso con rodamientos en pulgadas

Diámetro nominal		Desviaciones modificadas para ajustes con juegos/interferencias según la clase de tolerancia:									
Asiento del agujero del soporte		H7		J7		J6		K6		K7	
Diámetro exterior del rodamiento											
más de	hasta incl.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		µm									
30	**50**	+36	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	**80**	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	**120**	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	**150**	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	–3
150	**180**	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	–3
180	**250**	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	–8
250	**304,8**	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	–2	+51	–11
304,8	**315**	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	**400**	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	**500**	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	**609,6**	+120	+51	–	–	–	–	+50	+7	+50	–19
609,6	**630**	+120	+76	–	–	–	–	+50	+32	+50	+6
630	**800**	+155	+76	–	–	–	–	+75	+26	+75	–4
800	**914,4**	+190	+76	–	–	–	–	+100	+20	+100	–14
914,4	**1 000**	+190	+102	–	–	–	–	+100	+46	+100	+12
1 000	**1 219,2**	+230	+102	–	–	–	–	+125	+36	+125	–3
1 219,2	**1 250**	+230	+127	–	–	–	–	+125	+61	+125	+22
1 250	**1 600**	+285	+127	–	–	–	–	+160	+49	+160	+2

Diámetro nominal		Desviaciones modificadas para ajustes con juegos/interferencias según la clase de tolerancia:							
Asiento del agujero del soporte		M6		M7		N7		P7	
Diámetro exterior del rodamiento									
más de	hasta incl.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		µm							
30	**50**	+7	+5	+11	0	+3	–8	–6	–17
50	**80**	+8	+1	+13	–5	+4	–14	–8	–26
80	**120**	+9	–3	+15	–10	+5	–20	–9	–34
120	**150**	+10	–8	+18	–15	+6	–27	–10	–43
150	**180**	+17	–8	+25	–15	+13	–27	–3	–43
180	**250**	+22	–12	+30	–21	+16	–35	–3	–54
250	**304,8**	+26	–16	+35	–27	+21	–41	–1	–63
304,8	**315**	+26	+10	+35	–1	+21	–15	–1	–37
315	**400**	+30	+5	+40	–6	+24	–22	–1	–47
400	**500**	+35	+1	+45	–12	+28	–29	0	–57
500	**609,6**	+24	–19	+24	–45	+6	–63	–28	–97
609,6	**630**	+24	+6	+24	–20	+6	–38	–28	–72
630	**800**	+45	–4	+45	–34	+25	–54	–13	–92
800	**914,4**	+66	–14	+66	–48	+44	–70	0	–114
914,4	**1 000**	+66	+12	+66	–22	+44	–44	0	–88
1 000	**1 219,2**	+85	–4	+85	–43	+59	–69	+5	–123
1 219,2	**1 250**	+85	+21	+85	–18	+59	–44	+5	–98
1 250	**1 600**	+112	+1	+112	–46	+82	–76	+20	–138

Diámetro del eje y tolerancias de forma para montaje con manguito

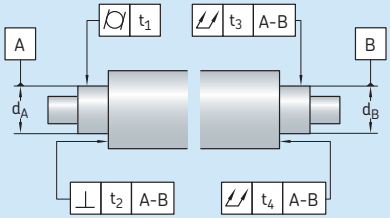
Diámetro del eje		**Diámetro y tolerancias de forma**		
		Clase de tolerancia		**Grado de tolerancia**
d		h9		IT5[1]
Diámetro		Desviaciones		
más de	hasta incl.	sup.	inf.	máx.
mm		µm		
10	**18**	0	–43	8
18	**30**	0	–52	9
30	**50**	0	–62	11
50	**80**	0	–74	13
80	**120**	0	–87	15
120	**180**	0	–100	18
180	**250**	0	–115	20
250	**315**	0	–130	23
315	**400**	0	–140	25
400	**500**	0	–155	27
500	**630**	0	–175	32
630	**800**	0	–200	36
800	**1 000**	0	–230	40
1 000	**1 250**	0	–260	47

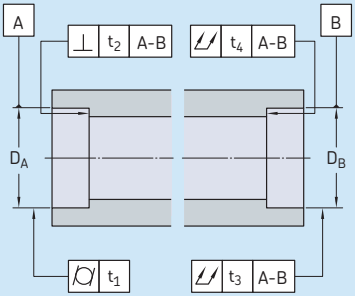
[1] La recomendación es para el grado de tolerancia IT5/2, porque la zona de tolerancia t es un radio. Sin embargo, en la tabla anterior, los valores se refieren a un diámetro nominal del eje y, por lo tanto, no se reducen a la mitad.

Grados de tolerancia ISO

Dimensión nominal		Grados de tolerancia											
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
más de	hasta incl.	máx.											
mm		µm											
1	**3**	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	**6**	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	**10**	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	**18**	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	**30**	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	**50**	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	**80**	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	**120**	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	**180**	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	**250**	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
250	**315**	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
315	**400**	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
400	**500**	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
500	**630**	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
630	**800**	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
800	**1 000**	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
1 000	**1 250**	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
1 250	**1 600**	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
1 600	**2 000**	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1 500
2 000	**2 500**	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

Precisión de forma y posición de los asientos de los rodamientos





Superficie Característica	Símbolo de la característica	zona de tolerancia	Desviaciones admisibles Rodamientos de la clase de tolerancia[1)] Normal, CLN	P6	P5	
Asiento cilíndrico						
Cilindricidad	⌭	t_1	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Variación radial total	↗↗	t_3	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Resalte plano						
Perpendicularidad	⊥	t_2	IT5	IT4	IT3	IT2
Variación axial total	↗↗	t_4	IT5	IT4	IT3	IT2

Explicación

Para exigencias normales

Para exigencias especiales con respecto a la precisión de giro o el apoyo uniforme

1) Para rodamientos de mayor precisión (clase de tolerancia P4, etc.), visite www.skf.com/bearings.

Anexo D-2

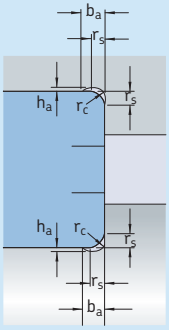
Rugosidad de la superficie de los asientos de rodamientos

Diámetro de los asientos d (D)[1]		Valor R_a recomendado para los asientos rectificados Grado de tolerancia del diámetro hasta		
más de	hasta incl.	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[2]	1,6	1,6

[1] Para diámetros > 1250 mm, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
[2] Cuando se utilice el método de inyección de aceite para el montaje, R_a no deberá ser mayor de 1,6 mm.

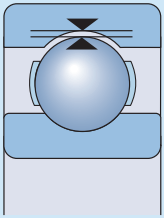
Anexo D-3

Dimensiones de los radios de acuerdo en relieve



Dimensiones de los chaflanes de los rodamientos	Dimensiones de los radios de acuerdo		
r_s	b_a	h_a	r_c
mm	mm		
1	2	0,2	1,3
1,1	2,4	0,3	1,5
1,5	3,2	0,4	2
2	4	0,5	2,5
2,1	4	0,5	2,5
3	4,7	0,5	3
4	5,9	0,5	4
5	7,4	0,6	5
6	8,6	0,6	6
7,5	10	0,6	7
9,5	12	0,6	9

Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas

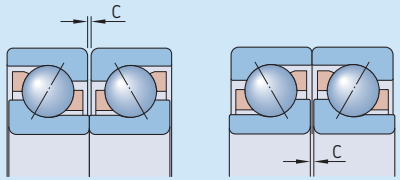


Diámetro del agujero		Juego radial interno C2		Normal		C3		C4		C5	
d											
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
2,5	**6**[1]	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	**10**[1]	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	**18**	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	**24**	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	**30**	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	**40**	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	**50**	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	**65**	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	**80**	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	**100**	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	**120**	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	**140**	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	**160**	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	**180**	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	**200**	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	**225**	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	**250**	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	**280**	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	**315**	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	**355**	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	**400**	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	**450**	3	80	60	170	150	270	250	380	350	520
450	**500**	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	**560**	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	**630**	10	110	90	230	210	360	340	520	490	700
630	**710**	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	**800**	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	**900**	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	**1 000**	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	**1 120**	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	**1 250**	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260
1 250	**1 400**	30	200	190	440	420	700	680	1 000	–	–
1 400	**1 600**	30	210	210	470	450	750	730	1 060	–	–

[1] Los valores del juego no son válidos para los rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable con un diámetro del agujero d < 10 mm.

Anexo E-2

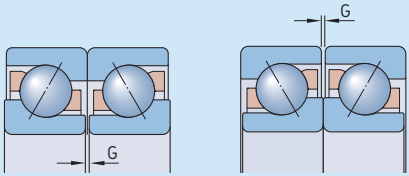
Juego axial interno de los rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular para emparejamiento universal, dispuestos espalda con espalda o cara a cara



Diámetro del agujero d		Juego axial interno Clase CA		CB		CC	
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm					
10	**18**	5	13	15	23	24	32
18	**30**	7	15	18	26	32	40
30	**50**	9	17	22	30	40	48
50	**80**	11	23	26	38	48	60
80	**120**	14	26	32	44	55	67
120	**180**	17	29	35	47	62	74
180	**250**	21	37	45	61	74	90

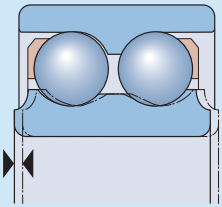
Anexo E-3

Precarga axial de los rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular para emparejamiento universal, dispuestos espalda con espalda o cara a cara



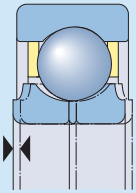
Diámetro del agujero d		Precarga Clase GA			GB				GC			
más de	hasta incl.	mín.	máx.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm		N	µm		N		µm		N	
10	**18**	+4	–4	80	–2	–10	30	330	–8	–16	230	660
18	**30**	+4	–4	120	–2	–10	40	480	–8	–16	340	970
30	**50**	+4	–4	160	–2	–10	60	630	–8	–16	450	1 280
50	**80**	+6	–6	380	–3	–15	140	1 500	–12	–24	1 080	3 050
80	**120**	+6	–6	410	–3	–15	150	1 600	–12	–24	1 150	3 250
120	**180**	+6	–6	540	–3	–15	200	2 150	–12	–24	1 500	4 300
180	**250**	+8	–8	940	–4	–20	330	3 700	–16	–32	2 650	7 500

Juego axial interno de los rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular



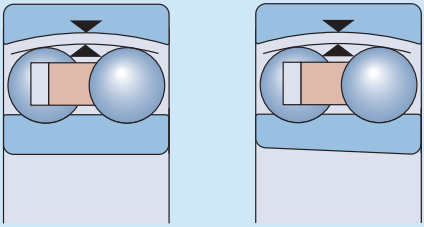
Diámetro del agujero		Juego axial interno de los rodamientos de las series									
		32 A y 33 A						33 D		33 DNRCBM	
d		C2		Normal		C3					
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm						µm		µm	
–	**10**	1	11	5	21	12	28	–	–	–	–
10	**18**	1	12	6	23	13	31	–	–	–	–
18	**24**	2	14	7	25	16	34	–	–	–	–
24	**30**	2	15	8	27	18	37	–	–	–	–
30	**40**	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
40	**50**	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
50	**65**	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
65	**80**	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
80	**100**	3	26	18	46	35	63	55	83	–	–
100	**110**	4	30	22	53	42	73	65	96	–	–

Juego axial interno de los rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto



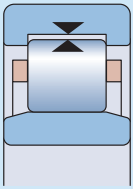
Diámetro del agujero		Juego axial interno							
		C2		Normal		C3		C4	
d									
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm							
10	**17**	15	55	45	85	75	125	115	165
17	**40**	26	66	56	106	96	146	136	186
40	**60**	36	86	76	126	116	166	156	206
60	**80**	46	96	86	136	126	176	166	226
80	**100**	56	106	96	156	136	196	186	246
100	**140**	66	126	116	176	156	216	206	266
140	**180**	76	156	136	196	176	246	226	296
180	**220**	96	176	156	226	206	276	256	326

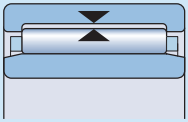
Juego radial interno de los rodamientos de bolas a rótula



Diámetro del agujero		Juego radial interno							
		C2		Normal		C3		C4	
d									
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm							
Rodamientos con agujero cilíndrico									
2,5	**6**	1	8	5	15	10	20	15	25
6	**10**	2	9	6	17	12	25	19	33
10	**14**	2	10	6	19	13	26	21	35
14	**18**	3	12	8	21	15	28	23	37
18	**24**	4	14	10	23	17	30	25	39
24	**30**	5	16	11	24	19	35	29	46
30	**40**	6	18	13	29	23	40	34	53
40	**50**	6	19	14	31	25	44	37	57
50	**65**	7	21	16	36	30	50	45	69
65	**80**	8	24	18	40	35	60	54	83
80	**100**	9	27	22	48	42	70	64	96
100	**120**	10	31	25	56	50	83	75	114
120	**140**	10	38	30	68	60	100	90	135
140	**160**	15	44	35	80	70	120	110	161
160	**180**	15	50	40	92	82	138	126	185
180	**200**	17	57	47	105	93	157	144	212
200	**225**	18	62	50	115	100	170	155	230
225	**250**	20	70	57	130	115	195	175	255
Rodamientos con agujero cónico									
18	**24**	7	17	13	26	20	33	28	42
24	**30**	9	20	15	28	23	39	33	50
30	**40**	12	24	19	35	29	46	40	59
40	**50**	14	27	22	39	33	52	45	65
50	**65**	18	32	27	47	41	61	56	80
65	**80**	23	39	35	57	50	75	69	98
80	**100**	29	47	42	68	62	90	84	116
100	**120**	35	56	50	81	75	108	100	139

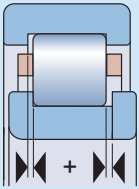
Juego radial interno de los rodamientos de agujas y de rodillos cilíndricos





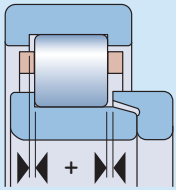
Diámetro del agujero		Juego radial interno C2		Normal		C3		C4		C5	
d más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	690	810
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	780	900
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	865	1 005
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	975	1 135
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	1 095	1 265
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960	–	–
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060	–	–
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190	–	–
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310	–	–
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450	–	–
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660	–	–
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840	–	–

Juego axial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos NUP



Rodamiento		Juego axial interno de los rodamientos de las series							
Diámetro del agujero	Código de tamaño	NUP 2		NUP 3		NUP 22		NUP 23	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm	–	µm							
17	**03**	37	140	37	140	37	140	47	155
20	**04**	37	140	37	140	47	155	47	155
25	**05**	37	140	47	155	47	155	47	155
30	**06**	37	140	47	155	47	155	47	155
35	**07**	47	155	47	155	47	155	62	180
40	**08**	47	155	47	155	47	155	62	180
45	**09**	47	155	47	155	47	155	62	180
50	**10**	47	155	47	155	47	155	62	180
55	**11**	47	155	62	180	47	155	62	180
60	**12**	47	155	62	180	62	180	87	230
65	**13**	47	155	62	180	62	180	87	230
70	**14**	47	155	62	180	62	180	87	230
75	**15**	47	155	62	180	62	180	87	230
80	**16**	47	155	62	180	62	180	87	230
85	**17**	62	180	62	180	62	180	87	230
90	**18**	62	180	62	180	62	180	87	230
95	**19**	62	180	62	180	62	180	87	230
100	**20**	62	180	87	230	87	230	120	315
105	**21**	62	180	–	–	–	–	–	–
110	**22**	62	180	87	230	87	230	120	315
120	**24**	62	180	87	230	87	230	120	315
130	**26**	62	180	87	230	87	230	120	315
140	**28**	62	180	87	230	87	230	120	315
150	**30**	62	180	–	–	87	230	120	315
160	**32**	87	230	–	–	–	–	–	–
170	**34**	87	230	–	–	–	–	–	–
180	**36**	87	230	–	–	–	–	–	–
190	**38**	87	230	–	–	–	–	–	–
200	**40**	87	230	–	–	–	–	–	–
220	**44**	95	230	–	–	–	–	–	–
240	**48**	95	250	–	–	–	–	–	–
260	**52**	95	250	–	–	–	–	–	–

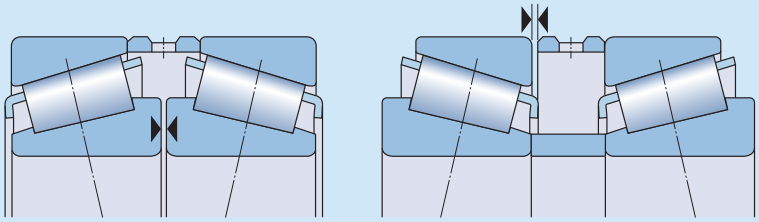
Juego axial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos NJ + HJ



Rodamiento		Juego axial interno de los rodamientos de las series									
Diámetro del agujero	Código de tamaño	NJ 2 + HJ 2		NJ 3 + HJ 3		NJ 4 + HJ 4		NJ 22 + HJ 22		NJ 23 + HJ 23	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm	–	µm									
20	**04**	42	165	42	165	–	–	52	185	52	183
25	**05**	42	165	52	185	–	–	52	185	52	183
30	**06**	42	165	52	185	60	200	52	185	52	183
35	**07**	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
40	**08**	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
45	**09**	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
50	**10**	52	185	52	185	80	235	52	185	72	215
55	**11**	52	185	72	215	80	235	52	185	72	215
60	**12**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
65	**13**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
70	**14**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
75	**15**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
80	**16**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
85	**17**	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
90	**18**	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
95	**19**	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
100	**20**	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
105	**21**	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
110	**22**	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
120	**24**	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
130	**26**	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
140	**28**	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
150	**30**	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
160	**32**	102	275	102	275	–	–	140	375	140	375
170	**34**	102	275	–	–	–	–	140	375	–	–
180	**36**	102	275	–	–	–	–	140	375	–	–
190	**38**	102	275	–	–	–	–	–	–	–	–
200	**40**	102	275	–	–	–	–	–	–	–	–
220	**44**	110	290	–	–	–	–	–	–	–	–
240	**48**	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–
260	**52**	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–
280	**56**	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–

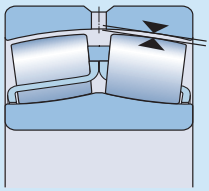
Para obtener más información sobre rodamientos que no figuren en la lista, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

Juego axial interno de los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos métricos apareados



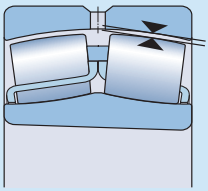
Diámetro del agujero		Juego axial interno de los rodamientos de las series											
		329		320		330		331, 302, 322, 332303, 323				313	
d													
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm											
–	**30**	–	–	80	120	–	–	100	140	130	170	60	100
30	**40**	–	–	100	140	–	–	120	160	140	180	70	110
40	**50**	–	–	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	**65**	–	–	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	**80**	–	–	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	**100**	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	**120**	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	**140**	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	**160**	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	**180**	370	430	310	370	–	–	310	370	390	450	–	–
180	**190**	370	430	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
190	**200**	390	450	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
200	**225**	440	500	390	450	–	–	390	450	490	550	–	–
225	**250**	440	500	440	500	–	–	440	500	540	600	–	–
250	**280**	540	600	490	550	–	–	490	550	–	–	–	–
280	**300**	640	700	540	600	–	–	540	600	–	–	–	–
300	**340**	640	700	590	650	–	–	590	650	–	–	–	–

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos a rótula con un agujero cilíndrico



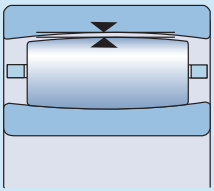
Diámetro del agujero		Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
d											
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
14	**18**	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	**24**	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	**30**	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	**40**	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	**50**	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	**65**	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	**80**	30	50	50	80	80	110	110	145	145	185
80	**100**	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	**120**	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	**140**	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	**160**	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	**180**	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	**200**	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	**225**	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	**250**	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	**280**	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	**315**	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	**355**	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	**400**	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	**450**	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	**500**	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	**560**	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1 000
560	**630**	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1 100
630	**710**	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1 190
710	**800**	210	390	390	580	580	770	770	1 010	1 010	1 300
800	**900**	230	430	430	650	650	860	860	1 120	1 120	1 440
900	**1 000**	260	480	480	710	710	930	930	1 220	1 220	1 570
1 000	**1 120**	290	530	530	780	780	1 020	1 020	1 330	1 330	1 720
1 120	**1 250**	320	580	580	860	860	1 120	1 120	1 460	1 460	1 870
1 250	**1 400**	350	640	640	950	950	1 240	1 240	1 620	1 620	2 060
1 400	**1 600**	400	720	720	1 060	1 060	1 380	1 380	1 800	1 800	2 300
1 600	**1 800**	450	810	810	1 180	1 180	1 550	1 550	2 000	2 000	2 550

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos a rótula con un agujero cónico



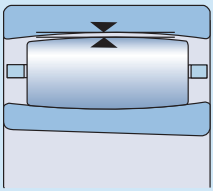
Diámetro del agujero		Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
d											
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
18	**24**	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	**30**	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	**40**	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	**50**	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	**65**	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	**80**	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	**100**	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	**120**	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	**140**	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	**160**	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	**180**	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	**200**	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	**225**	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	**250**	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	**280**	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	**315**	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	**355**	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	**400**	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	**450**	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	**500**	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	**560**	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	**630**	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	**710**	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	**800**	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	**900**	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	**1 000**	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
1 000	**1 120**	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
1 120	**1 250**	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250
1 250	**1 400**	620	910	910	1 230	1 230	1 560	1 560	2 000	2 000	2 450
1 400	**1 600**	680	1 000	1 000	1 350	1 350	1 720	1 720	2 200	2 200	2 700
1 600	**1 800**	750	1 110	1 110	1 500	1 500	1 920	1 920	2 400	2 400	2 950

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos toroidales CARB con un agujero cilíndrico



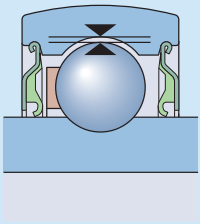
Diámetro del agujero		Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
d											
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
18	**24**	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
24	**30**	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
30	**40**	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
40	**50**	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
50	**65**	30	55	50	80	75	105	100	140	135	175
65	**80**	40	70	65	100	95	125	120	165	160	210
80	**100**	50	85	80	120	120	160	155	210	205	260
100	**120**	60	100	100	145	140	190	185	245	240	310
120	**140**	75	120	115	170	165	215	215	280	280	350
140	**160**	85	140	135	195	195	250	250	325	320	400
160	**180**	95	155	150	220	215	280	280	365	360	450
180	**200**	105	175	170	240	235	310	305	395	390	495
200	**225**	115	190	185	265	260	340	335	435	430	545
225	**250**	125	205	200	285	280	370	365	480	475	605
250	**280**	135	225	220	310	305	410	405	520	515	655
280	**315**	150	240	235	330	330	435	430	570	570	715
315	**355**	160	260	255	360	360	485	480	620	620	790
355	**400**	175	280	280	395	395	530	525	675	675	850
400	**450**	190	310	305	435	435	580	575	745	745	930
450	**500**	205	335	335	475	475	635	630	815	810	1 015
500	**560**	220	360	360	520	510	690	680	890	890	1 110
560	**630**	240	400	390	570	560	760	750	980	970	1 220
630	**710**	260	440	430	620	610	840	830	1 080	1 070	1 340
710	**800**	300	500	490	680	680	920	920	1 200	1 200	1 480
800	**900**	320	540	530	760	750	1 020	1 010	1 330	1 320	1 660
900	**1 000**	370	600	590	830	830	1 120	1 120	1 460	1 460	1 830
1 000	**1 120**	410	660	660	930	930	1 260	1 260	1 640	1 640	2 040
1 120	**1 250**	450	720	720	1 020	1 020	1 380	1 380	1 800	1 800	2 240
1 250	**1 400**	490	800	800	1 130	1 130	1 510	1 510	1 970	1 970	2 460
1 400	**1 600**	570	890	890	1 250	1 250	1 680	1 680	2 200	2 200	2 740
1 600	**1 800**	650	1 010	1 010	1 390	1 390	1 870	1 870	2 430	2 430	3 000

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos toroidales CARB con un agujero cónico



Diámetro del agujero		Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
d											
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
18	**24**	15	35	30	45	40	55	55	70	65	85
24	**30**	20	40	35	55	50	65	65	85	80	100
30	**40**	25	50	45	65	60	80	80	100	100	125
40	**50**	30	55	50	75	70	95	90	120	115	145
50	**65**	40	65	60	90	85	115	110	150	145	185
65	**80**	50	80	75	110	105	140	135	180	175	220
80	**100**	60	100	95	135	130	175	170	220	215	275
100	**120**	75	115	115	155	155	205	200	255	255	325
120	**140**	90	135	135	180	180	235	230	295	290	365
140	**160**	100	155	155	215	210	270	265	340	335	415
160	**180**	115	175	170	240	235	305	300	385	380	470
180	**200**	130	195	190	260	260	330	325	420	415	520
200	**225**	140	215	210	290	285	365	360	460	460	575
225	**250**	160	235	235	315	315	405	400	515	510	635
250	**280**	170	260	255	345	340	445	440	560	555	695
280	**315**	195	285	280	380	375	485	480	620	615	765
315	**355**	220	320	315	420	415	545	540	680	675	850
355	**400**	250	350	350	475	470	600	595	755	755	920
400	**450**	280	385	380	525	525	655	650	835	835	1 005
450	**500**	305	435	435	575	575	735	730	915	910	1 115
500	**560**	330	480	470	640	630	810	800	1 010	1 000	1 230
560	**630**	380	530	530	710	700	890	880	1 110	1 110	1 350
630	**710**	420	590	590	780	770	990	980	1 230	1 230	1 490
710	**800**	480	680	670	860	860	1 100	1 100	1 380	1 380	1 660
800	**900**	520	740	730	960	950	1 220	1 210	1 530	1 520	1 860
900	**1 000**	580	820	810	1 040	1 040	1 340	1 340	1 670	1 670	2 050
1 000	**1 120**	640	900	890	1 170	1 160	1 500	1 490	1 880	1 870	2 280
1 120	**1 250**	700	980	970	1 280	1 270	1 640	1 630	2 060	2 050	2 500
1 250	**1 400**	770	1 080	1 080	1 410	1 410	1 790	1 780	2 250	2 250	2 740
1 400	**1 600**	870	1 200	1 200	1 550	1 550	1 990	1 990	2 500	2 500	3 050
1 600	**1 800**	950	1 320	1320	1 690	1 690	2 180	2 180	2 730	2 730	3 310

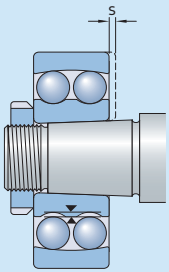
Juego radial interno de los rodamientos Y

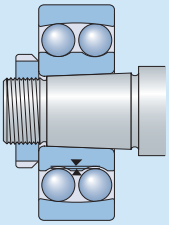


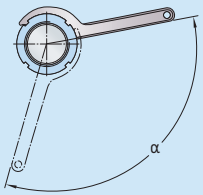
Tamaño del rodamiento[1]		Juego radial interno de los rodamientos Y de las series YAT 2, YAR 2, YET 2, YEL 2, YHC 2 YSA 2 K				17262(00) 17263(00)	
de	a	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
–		µm					
03	**03**	10	25	–	–	3	18
04	**04**	12	28	–	–	5	20
05	**06**	12	28	23	41	5	20
07	**08**	13	33	28	46	6	20
09	**10**	14	36	30	51	6	23
11	**13**	18	43	38	61	8	28
14	**16**	20	51	–	–	–	–
17	**20**	24	58	–	–	–	–

[1] Por ejemplo: el tamaño del rodamiento 06 incluye a todos los rodamientos basados en un rodamiento Y 206, como YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F

Datos del calado para rodamientos de bolas a rótula con agujero cónico





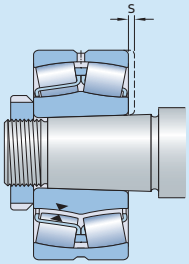


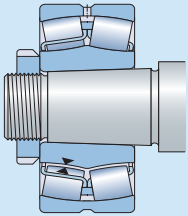
Diámetro del agujero	Calado axial	Ángulo de apriete de la tuerca de fijación
d	s[1)]	α
mm	mm	grados
20	0,22	80
25	0,22	55
30	0,22	55
35	0,30	70
40	0,30	70
45	0,35	80
50	0,35	80
55	0,40	75
60	0,40	75
65	0,40	80
70	0,40	80
75	0,45	85
80	0,45	85
85	0,60	110
90	0,60	110
95	0,60	110
100	0,60	110
110	0,70	125
120	0,70	125

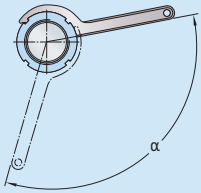
Válido únicamente para ejes macizos de acero y aplicaciones generales. Los valores indicados deben utilizarse únicamente como valores orientativos, ya que es difícil establecer una posición inicial exacta. Además, el calado axial "s" difiere ligeramente entre las diferentes series de rodamientos.

[1)] No es válido para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up.

Datos del calado para rodamientos de rodillos a rótula con un agujero cónico







Diámetro del agujero d		Reducción del juego radial interno		Calado axial s[1), 2)] Cónico 1:12		Cónico 1:30		Ángulo de apriete de la tuerca de fijación[2)] Conicidad de 1:12 α
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
mm		mm		mm				grados
24	**30**	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	**40**	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	**50**	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	**65**	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	**80**	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	**100**	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	**120**	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	**140**	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	**160**	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	**180**	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	**200**	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	**225**	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	**250**	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	**280**	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	**315**	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	**355**	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	**400**	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	**450**	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	**500**	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	**560**	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	**630**	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	**710**	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	**800**	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	**900**	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	**1 000**	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	**1 120**	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	**1 250**	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	**1 400**	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	**1 600**	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	**1 800**	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

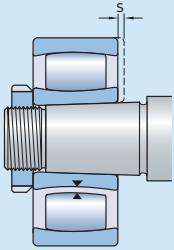
NOTA: La aplicación de los valores recomendados impide el deslizamiento del aro interior, pero no garantiza que el juego radial interno sea correcto durante el funcionamiento. Se deben evaluar cuidadosamente otras influencias del ajuste del soporte del rodamiento y las diferencias de temperatura entre el aro interior y el aro exterior cuando se seleccione la clase de juego radial interno del rodamiento. Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

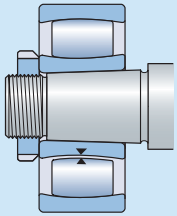
Válido únicamente para ejes macizos de acero y aplicaciones generales.

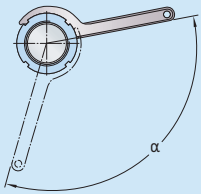
1) No es válido para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up.

2) Los valores indicados deben utilizarse únicamente como valores orientativos, ya que es difícil establecer una posición inicial exacta. Además, el calado axial "s" difiere ligeramente entre las diferentes series de rodamientos.

Datos del calado para rodamientos de rodillos toroidales CARB con un agujero cónico







Diámetro del agujero d		Reducción del juego radial interno		Calado axial s[1), 2)] Cónico 1:12		Cónico 1:30		Ángulo de apriete de la tuerca de fijación[2)] Conicidad de 1:12 α
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
mm		mm		mm				grados
24	**30**	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	**40**	0,015	0,020	0,30	0,35	0,75	0,90	115
40	**50**	0,020	0,025	0,37	0,44	0,95	1,10	130
50	**65**	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	**80**	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	**100**	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	**120**	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	**140**	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	**160**	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	**180**	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	**200**	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	**225**	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	**250**	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	**280**	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	**315**	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	**355**	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	**400**	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	**450**	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	**500**	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	**560**	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	**630**	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	**710**	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	**800**	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	**900**	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	**1 000**	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	**1 120**	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	**1 250**	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	**1 400**	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	**1 600**	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	**1 800**	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

NOTA: La aplicación de los valores recomendados impide el deslizamiento del aro interior, pero no garantiza que el juego radial interno sea correcto durante el funcionamiento. Se deben evaluar cuidadosamente otras influencias del ajuste del soporte del rodamiento y las diferencias de temperatura entre el aro interior y el aro exterior cuando se seleccione la clase de juego radial interno del rodamiento. Para obtener más información, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

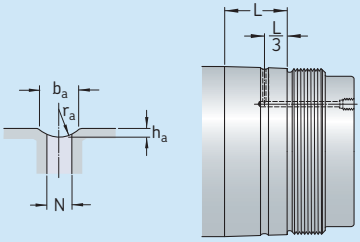
Válido únicamente para ejes macizos de acero y aplicaciones generales.

1) No es válido para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up.

2) Los valores indicados deben utilizarse únicamente como valores orientativos, ya que es difícil establecer una posición inicial exacta. Además, el calado axial "s" difiere ligeramente entre las diferentes series de rodamientos.

Anexo G-1

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

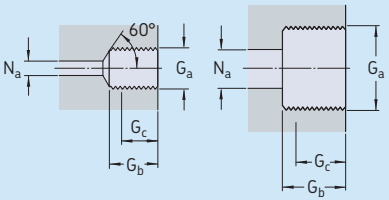


Diámetro del asiento		Dimensiones			
más de	hasta incl.	b_a	h_a	r_a	N
mm		mm			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1 000	12	2,5	8	8

L = ancho del asiento del rodamiento

Anexo G-2

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



Diseño A Diseño B

Rosca	Diseño	Dimensiones		
G_a		G_b	G_c[1)]	N_a máx.
–	–	mm		
M 6	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

Anexo H-1

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de bolas a rótula

Designación de rodamientos	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [1] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_s		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm		mm	–	mm²
Serie 12							
1210 EKTN9	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
1211 EKTN9	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
1212 EKTN9	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E	3 300
1213 EKTN9	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
1215 K	0,88	1,50	0,33	0,38	0,026	HMV 15E	4 000
1216 K	1,10	1,85	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
1217 K	1,10	1,90	0,38	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
1218 K	1,15	1,90	0,40	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
1219 K	1,35	2,30	0,41	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
1220 K	1,45	2,50	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100
1222 K	1,70	2,90	0,49	0,54	0,039	HMV 22E	5 600
1224 KM	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E	6 000
1226 KM	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E	6 400
Serie 13							
1310 EKTN9	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10 E	2 900
1311 EKTN9	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11 E	3 150
1312 EKTN9	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12 E	3 300
1313 EKTN9	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13 E	3 600
1315 K	2,20	3,70	0,36	0,41	0,026	HMV 15E	4 000
1316 K	2,30	4,00	0,39	0,44	0,028	HMV 16E	4 200
1317 K	2,50	4,30	0,41	0,46	0,030	HMV 17E	4 400
1318 K	2,40	4,10	0,43	0,49	0,032	HMV 18E	4 700
1319 K	2,50	4,20	0,44	0,49	0,033	HMV 19E	4 900
1320 K	2,80	4,70	0,47	0,52	0,035	HMV 20E	5 100
1322 KM	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22E	5 600
Serie 22							
2210 EKTN9	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2211 EKTN9	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E	3 150
2212 EKTN9	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2213 EKTN9	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E	3 600
2215 EKTN9	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E	4 000
2216 EKTN9	1,05	1,80	0,35	0,40	0,028	HMV 16E	4 200
2217 K	1,25	2,10	0,37	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
2218 K	1,40	2,30	0,40	0,45	0,032	HMV 18E	4 700
2219 KM	1,50	2,60	0,40	0,46	0,033	HMV 19E	4 900
2220 K	1,60	2,70	0,43	0,48	0,035	HMV 20E	5 100
2222 KM	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E	5 600
Serie 23							
2310 K	1,30	2,20	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2311 K	1,55	2,60	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
2312 K	1,65	2,80	0,28	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2313 K	2,00	3,40	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV15 E	4 000
2316 K	2,40	4,10	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
2317 K	2,60	4,50	0,39	0,44	0,030	HMV 17E	4 400
2318 K	2,80	4,70	0,41	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
2319 KM	2,90	4,90	0,42	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
2320 K	3,30	5,60	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100

[1] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Anexo H-2

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_r para		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm		mm	–	mm²
Serie 213							
21310 EK	1,90	3,20	0,40	0,47	0,023	HMV 10E	2 900
21311 EK	1,40	2,40	0,40	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
21312 EK	2,40	4,10	0,45	0,52	0,027	HMV 12E	3 300
21313 EK	2,50	4,30	0;47	0,55	0,029	HMV 13E	3 600
21314 EK	2,70	4,50	0,52	0,59	0,032	HMV 14E	3 800
21315 EK	2,20	3,70	0,51	0,58	0,034	HMV 15E	4 000
21316 EK	2,20	3,80	0,53	0,60	0,036	HMV 16E	4 200
21317 EK	1,75	3,00	0,53	0,60	0,038	HMV 17E	4 400
21318 EK	1,85	3,20	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
21319 EK	1,90	3,30	0,59	0,66	0,043	HMV 19E	4 900
21320 EK	1,50	2,50	0,58	0,65	0,045	HMV 20E	5 100
Serie 222							
22210 EK	0,75	1,25	0,34	0,42	0,023	HMV 10E	2 900
22211 EK	0,70	1,25	0,36	0,43	0,025	HMV 11E	3 150
22212 EK	0,85	1,50	0,40	0,45	0,027	HMV 12E	3 300
22213 EK	0,95	1,65	0,43	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
22214 EK	0,95	1,60	0,44	0,51	0,032	HMV 14E	3 800
22215 EK	0,90	1,50	0,46	0,53	0,034	HMV 15E	4 000
22216 EK	1,00	1,70	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
22217 EK	1,15	2,00	0,50	0,58	0,038	HMV 17E	4 400
22218 EK	1,20	2,10	0,54	0,61	0,041	HMV 18E	4 700
22219 EK	1,35	2,30	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
22220 EK	1,45	2,50	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
22222 EK	1,75	3,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
22224 EK	1,85	3,10	0,68	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
22226 EK	1,95	3,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
22228 CCK/W33	2,30	4,00	0,80	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
22230 CCK/W33	2,50	4,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
22232 CCK/W33	2,60	4,40	0,91	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
22234 CCK/W33	2,80	4,70	0,97	1,02	0,077	HMV 34E	9 400
22236 CCK/W33	2,50	4,30	1,01	1,07	0,081	HMV 36E	10 300
22238 CCK/W33	2,60	4,40	1,06	1,13	0,086	HMV 38E	11 500
22240 CCK/W33	2,70	4,60	1,12	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
22244 CCK/W33	2,90	5,00	1,22	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
22248 CCK/W33	3,30	5,60	1,34	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
22252 CACK/W33	3,20	5,50	1,43	1,49	0,117	HMV 52E	18 800
22256 CACK/W33	3,00	5,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
22260 CACK/W33	2,90	4,90	1,62	1,68	0,135	HMV 60E	23 600
22264 CACK/W33	3,10	5,20	1,73	1,79	0,144	HMV 64E	26 300
22272 CAK/W33	3,60	6,10	1,96	2,02	0,162	HMV 72E	31 300

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Anexo H-2

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_a para		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm²
Serie 223							
22310 EK	1,60	2,80	0,35	0,43	0,023	HMV 10E	2 900
22311 EK	2,00	3,40	0,38	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
22312 EK	2,40	4,10	0,41	0,48	0,027	HMV 12E	3 300
22313 EK	2,10	3,60	0,42	0,49	0,029	HMV 13E	3 600
22314 EK	2,60	4,40	0,47	0,55	0,032	HMV 14E	3 800
22315 EK	2,30	4,00	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
22316 EK	2,40	4,10	0,50	0,57	0,036	HMV 16E	4 200
22317 EK	3,00	5,00	0,54	0,61	0,038	HMV 17E	4 400
22318 EK	3,00	5,10	0,57	0,65	0,041	HMV 18E	4 700
22319 EK	3,00	5,20	0,59	0,65	0,043	HMV 19E	4 900
22320 EK	4,10	7,00	0,64	0,71	0,045	HMV 20E	5 100
22322 EK	4,50	7,70	0,70	0,78	0,050	HMV 22E	5 600
22324 CCK/W33	4,40	7,50	0,74	0,81	0,054	HMV 24E	6 000
22326 CCK/W33	4,70	8,10	0,80	0,87	0,059	HMV 26E	6 400
22328 CCK/W33	5,00	8,60	0,84	0,91	0,063	HMV 28E	6 800
22330 CCK/W33	5,30	9,00	0,90	0,98	0,068	HMV 30E	7 500
22332 CCK/W33	5,20	8,80	0,95	1,02	0,072	HMV 32E	8 600
22334 CCK/W33	5,20	8,90	0,99	1,06	0,077	HMV 34E	9 400
22336 CCK/W33	5,10	8,80	1,05	1,12	0,081	HMV 36E	10 300
22338 CCK/W33	5,10	8,70	1,11	1,18	0,086	HMV 38E	11 500
22340 CCK/W33	5,10	8,80	1,16	1,23	0,090	HMV 40E	12 500
22344 CCK/W33	5,60	9,50	1,29	1,36	0,099	HMV 44E	14 400
22348 CCK/W33	5,60	9,50	1,39	1,46	0,108	HMV 48E	16 500
22352 CCK/W33	5,60	9,60	1,50	1,57	0,117	HMV 52E	18 800
22356 CCK/W33	5,70	9,70	1,61	1,68	0,126	HMV 56E	21 100
Serie 230							
23022 CCK/W33	1,10	1,85	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
23024 CCK/W33	1,05	1,75	0,66	0,73	0,054	HMV 24E	6 000
23026 CCK/W33	1,25	2,20	0,72	0,83	0,059	HMV 26E	6 400
23028 CCK/W33	1,20	2,10	0,76	0,89	0,063	HMV 28E	6 800
23030 CCK/W33	1,25	2,10	0,81	0,88	0,068	HMV 30E	7 500
23032 CCK/W33	1,25	2,10	0,85	0,92	0,072	HMV 32E	8 600
23034 CCK/W33	1,35	2,30	0,89	0,96	0,077	HMV 34E	9 400
23036 CCK/W33	1,50	2,60	0,95	1,03	0,081	HMV 36E	10 300
23038 CCK/W33	1,50	2,50	1,01	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
23040 CCK/W33	1,65	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
23044 CCK/W33	1,65	2,90	1,15	1,23	0,099	HMV 44E	14 400
23048 CCK/W33	1,50	2,50	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
23052 CCK/W33	1,70	2,90	1,35	1,42	0,117	HMV 52E	18 800
23056 CCK/W33	1,55	2,70	1,44	1,51	0,126	HMV 56E	21 100
23060 CCK/W33	1,75	3,00	1,54	1,61	0,135	HMV 60E	23 600
23064 CCK/W33	1,60	2,70	1,63	1,70	0,144	HMV 64E	26 300
23068 CCK/W33	1,85	3,10	1,74	1,81	0,153	HMV 68E	28 400
23072 CCK/W33	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
23076 CCK/W33	1,60	2,70	1,91	1,98	0,171	HMV 76E	33 500
23080 CCK/W33	1,75	3,00	2,02	2,09	0,180	HMV 80E	36 700

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Anexo H-2

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_r para		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm²
Serie 231							
23120 CCK/W33	1,40	2,40	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
23122 CCK/W33	1,45	2,50	0,63	0,70	0,050	HMV 22E	5 600
23124 CCK/W33	1,75	3,00	0,67	0,75	0,054	HMV 24E	6 000
23126 CCK/W33	1,65	2,80	0,72	0,80	0,059	HMV 26E	6 400
23128 CCK/W33	1,70	2,90	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
23130 CCK/W33	2,20	3,80	0,83	0,90	0,068	HMV 30E	7 500
23132 CCK/W33	2,30	3,90	0,87	0,95	0,072	HMV 32E	8 600
23134 CCK/W33	2,10	3,70	0,91	0,98	0,077	HMV 34E	9 400
23136 CCK/W33	2,30	4,00	0,97	1,04	0,081	HMV 36E	10 300
23138 CCK/W33	2,50	4,30	1,04	1,11	0,086	HMV 38E	11 500
23140 CCK/W33	2,60	4,50	1,08	1,15	0,090	HMV 40E	12 500
23144 CCK/W33	2,70	4,60	1,18	1,25	0,099	HMV 44E	14 400
23148 CCK/W33	2,60	4,50	1,27	1,35	0,108	HMV 48E	16 500
23152 CCK/W33	2,90	4,90	1,38	1,45	0,117	HMV 52E	18 800
23156 CCK/W33	2,60	4,40	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
23160 CCK/W33	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
23164 CCK/W33	3,10	5,30	1,68	1,75	0,144	HMV 64E	26 300
23168 CCK/W33	3,40	5,80	1,79	1,86	0,153	HMV 68E	28 400
23172 CCK/W33	3,30	5,60	1,90	1,96	0,162	HMV 72E	31 300
23176 CAK/W33	2,90	4,90	1,96	2,03	0,171	HMV 76E	33 500
23180 CAK/W33	2,80	4,70	2,05	2,12	0,180	HMV 80E	36 700
Serie 232							
23218 CCK/W33	1,70	2,90	0,54	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
23220 CCK/W33	1,90	3,30	0,58	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
23222 CCK/W33	2,40	4,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
23224 CCK/W33	2,50	4,30	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
23226 CCK/W33	2,60	4,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
23228 CCK/W33	3,00	5,20	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
23230 CCK/W33	3,1	5,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
23232 CCK/W33	3,30	5,60	0,90	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
23234 CCK/W33	3,40	5,90	0,94	1,01	0,077	HMV 34E	9 400
23236 CCK/W33	3,20	5,40	0,99	1,06	0,081	HMV 36E	10 300
23238 CCK/W33	3,30	5,60	1,05	1,12	0,086	HMV 38E	11 500
23240 CCK/W33	3,50	5,90	1,10	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
23244 CCK/W33	3,80	6,50	1,21	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
23248 CCK/W33	4,30	7,40	1,32	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
23252 CACK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CACK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CACK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CACK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CAK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CAK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CAK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CAK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Desplazamiento axial desde la posición inicial s_a para una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Reducción del juego radial desde la posición cero Δ_r	Designación	Área del pistón A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm^2
Serie 239							
23936 CCK/W33	0,84	1,45	0,93	1,00	0,081	HMV 36E	10 300
23938 CCK/W33	0,72	1,20	0,98	1,05	0,086	HMV 38E	11 500
23940 CCK/W33	0,89	1,55	1,03	1,10	0,090	HMV 40E	12 500
23944 CKK/W33	0,75	1,30	1,11	1,19	0,099	HMV 44E	14 400
23948 CCK/W33	0,64	1,10	1,20	1,27	0,108	HMV 48E	16 500
23952 CCK/W33	0,91	1,55	1,31	1,38	0,117	HMV 52E	18 800
23956 CCK/W33	0,82	1,40	1,41	1,47	0,126	HMV 56E	21 100
23960 CCK/W33	1,05	1,80	1,51	1,58	0,135	HMV 60E	23 600
23964 CACK/W33	0,96	1,65	1,60	1,67	0,144	HMV 64E	26 300
23968 CCK/W33	0,89	1,50	1,68	1,75	0,153	HMV 68E	28 400
23972 CCK/W33	0,81	1,40	1,77	1,84	0,162	HMV 72E	31 300
23976 CCK/W33	1,05	1,80	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
23980 CCK/W33	0,93	1,60	1,96	2,03	0,180	HMV 80E	36 700
Serie 240							
24024 CCK30/W33	1,10	2,00	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
24026 CCK30/W33	1,40	2,60	1,80	1,98	0,059	HMV 26E	6 400
24028 CCK30/W33	1,30	2,40	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
24030 CCK30/W33	1,35	2,50	2,02	2,20	0,068	HMV 30E	7 500
24032 CCK30/W33	1,30	2,50	2,12	2,30	0,072	HMV 32E	8 600
24034 CCK30/W33	1,50	2,80	2,23	2,41	0,077	HMV 34E	9 400
24036 CCK30/W33	1,80	3,30	2,40	2,58	0,081	HMV 36E	10 300
24038 CCK30/W33	1,55	2,90	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
24040 CCK30/W33	1,75	3,20	2,64	2,82	0,090	HMV 40E	12 500
24044 CCK30/W33	1,75	3,20	2,88	3,06	0,099	HMV 44E	14 400
24048 CCK30/W33	1,50	2,80	3,09	3,27	0,108	HMV 48E	16 500
24052 CCK30/W33	1,90	3,50	3,37	3,55	0,117	HMV 52E	18 800
24056 CCK30/W33	1,65	3,10	3,58	3,76	0,126	HMV 56E	21 100
24060 CCK30/W33	1,90	3,50	3,84	4,02	0,135	HMV 60E	23 600
24064 CCK30/W33	1,80	3,30	4,08	4,26	0,144	HMV 64E	26 300
24068 CCK30/W33	2,00	3,80	4,34	4,52	0,153	HMV 68E	28 400
24072 CCK30/W33	1,90	3,40	4,55	4,73	0,162	HMV 72E	31 300
24076 CCK30/W33	1,80	3,30	4,78	4,96	0,171	HMV 76E	33 500
24080 ECCK30/W33	1,95	3,70	5,04	5,22	0,180	HMV 80E	36 700

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Anexo H-2

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_s para		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm²
Serie 241							
24122 CCK30/W33	1,55	2,90	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
24124 CCK30/W33	1,95	3,60	1,69	1,87	0,054	HMV 24E	6 000
24126 CCK30/W33	1,85	3,50	1,83	2,01	0,059	HMV 26E	6 400
24128 CCK30/W33	1,90	3,50	1,92	2,10	0,063	HMV 28E	6 800
24130 CCK30/W33	2,40	4,40	2,08	2,26	0,068	HMV 30E	7 500
24132 CCK30/W33	2,60	4,70	2,21	2,39	0,072	HMV 32E	8 600
24134 CCK30/W33	2,20	4,00	2,28	2,46	0,077	HMV 34E	9 400
24136 CCK30/W33	2,50	4,60	2,44	2,62	0,081	HMV 36E	10 300
24138 CCK30/W33	2,70	4,90	2,60	2,79	0,086	HMV 38E	11 500
24140 CCK30/W33	2,80	5,20	2,71	2,89	0,090	HMV 40E	12 500
24144 CCK30/W33	2,80	5,20	2,96	3,14	0,099	HMV 44E	14 400
24148 CCK30/W33	2,80	5,30	3,21	3,39	0,108	HMV 48E	16 500
24152 CCK30/W33	3,10	5,70	3,47	3,65	0,117	HMV 52E	18 800
24156 CCK30/W33	2,80	5,10	3,69	3,87	0,126	HMV 56E	21 100
24160 CCK30/W33	3,10	5,70	3,96	4,14	0,135	HMV 60E	23 600
24164 CCK30/W33	3,40	6,30	4,24	4,42	0,144	HMV 64E	26 300
24168 ECACK30/W33	3,60	6,70	4,48	4,66	0,153	HMV 68E	28 400
24172 ECCK30J/W33	3,30	6,10	4,70	4,88	0,162	HMV 72E	31 300
24176 ECAK30/W33	3,00	5,60	4,91	5,09	0,171	HMV 76E	33 500
24180 ECAK30/W33	2,90	5,40	5,14	5,32	0,180	HMV 80E	36 700
Serie BS2-							
BS2-2210-2CSK/VT143	0,83	1,40	0,34	0,41	(0,023)	HMV 10E	2 900
BS2-2211-2CSK/VT143	0,87	1,50	0,36	0,43	(0,025)	HMV 11E	3 150
BS2-2212-2CSK/VT143	1,15	1,95	0,38	0,46	(0,027)	HMV 12E	3 300
BS2-2213-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,41	0,48	(0,029)	HMV 13E	3 600
BS2-2214-2CSK/VT143	1,10	1,90	0,44	0,51	(0,032)	HMV 14E	3 800
BS2-2215-2CSK/VT143	1,05	1,75	0,45	0,53	(0,034)	HMV 15E	4 000
BS2-2216-2CSK/VT143	1,20	2,00	0,48	0,55	(0,036)	HMV 1 E	4 200
BS2-2217-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,50	0,57	(0,038)	HMV 17E	4 400
BS2-2218-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,54	0,61	(0,041)	HMV 18E	4 700
BS2-2219-2CS5K/VT143	1,60	2,70	0,56	0,63	(0,043)	HMV 19E	4 900
BS2-2220-2CS5K/VT143	1,70	2,90	0,58	0,65	(0,045)	HMV 20E	5 100
BS2-2222-2CS5K/VT143	2,00	2,60	0,64	0,65	(0,050)	HMV 22E	5 600
BS2-2224-2CS5K/VT143	2,10	3,60	0,68	0,75	(0,054)	HMV 24E	6 000
BS2-2226-2CS5K/VT143	2,20	3,80	0,74	0,81	(0,059)	HMV 26E	6 400

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.
[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Anexo H-3

Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos toroidales CARB

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_a para		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm^2
Serie C 22							
C 2210 KTN9	0,67	1,15	0,34	0,41	0,023	HMV 10E	2 900
C 2211 KTN9	0,57	0,98	0,35	0,42	0,025	HMV 11E	3 150
C 2212 KTN9	1,10	1,85	0,39	0,47	0,027	HMV 12E	3 300
C 2213 KTN9	0,82	1,40	0,40	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
C 2214 KTN9	0,76	1,30	0,43	0,50	0,032	HMV 14E	3 800
C 2215 K	0,70	1,20	0,45	0,52	0,034	HMV 15E	4 000
C 2216 K	1,05	1,75	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
C 2217 K	1,10	1,90	0,50	0,57	0,038	HMV 17E	4 400
C 2218 K	1,35	2,30	0,55	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
C 2219 K	1,00	1,70	0,54	0,62	0,043	HMV 19E	4 900
C 2220 K	1,10	1,90	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
C 2222 K	1,50	2,50	0,63	0,71	0,050	HMV 22E	5 600
C 2224 K	1,60	2,70	0,67	0,74	0,054	HMV 24E	6 000
C 2226 K	1,45	2,50	0,71	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 2228 K	2,40	4,00	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
C 2230 K	1,80	3,10	0,82	0,89	0,068	HMV 30E	7 500
C 2234 K	2,60	4,40	0,94	1,01	0,076	HMV 34E	9 400
C 2238 K	1,80	3,00	1,01	1,08	0,086	HMV 38E	11 500
C 2244 K	1,95	3,30	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
Serie C 23							
C 2314 K	2,00	3,40	0,46	0,53	0,032	HMV 14E	3 800
C 2315 K	2,30	3,80	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
C 2316 K	2,10	3,60	0,49	0,56	0,036	HMV 16E	4 200
C 2317 K	2,40	4,10	0,52	0,59	0,038	HMV 17E	4 400
C 2318 K	2,90	4,90	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
C 2319 K	2,20	3,80	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
C 2320 K	2,60	4,40	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
Serie C 30							
C 3022 K	0,97	1,65	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 3024 K	0,92	1,60	0,65	0,72	0,054	HMV 24E	6 000
C 3026 K	1,25	2,10	0,72	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 3028 K	1,25	2,10	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
C 3030 KMB	1,00	1,75	0,80	0,87	0,068	HMV 30E	7 500
C 3032 K	1,35	2,30	0,86	0,93	0,072	HMV 32E	8 600
C 3034 K	1,50	2,60	0,90	0,98	0,076	HMV 34E	9 400
C 3036 K	1,45	2,40	0,95	1,02	0,081	HMV 36E	10 300
C 3038 K	1,60	2,70	1,02	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
C 3040 K	1,60	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
C 3044 K	1,60	2,70	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
C 3048 K	1,35	2,30	1,23	1,30	0,108	HMV 48E	16 500
C 3052 K	1,80	3,00	1,35	1,43	0,117	HMV 52E	18 800
C 3056 K	1,70	2,90	1,45	1,52	0,126	HMV 56E	21 100
C 3060 KM	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 KM	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 KM	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 KM	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 KM	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 KM	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos toroidales CARB que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Anexo H-3

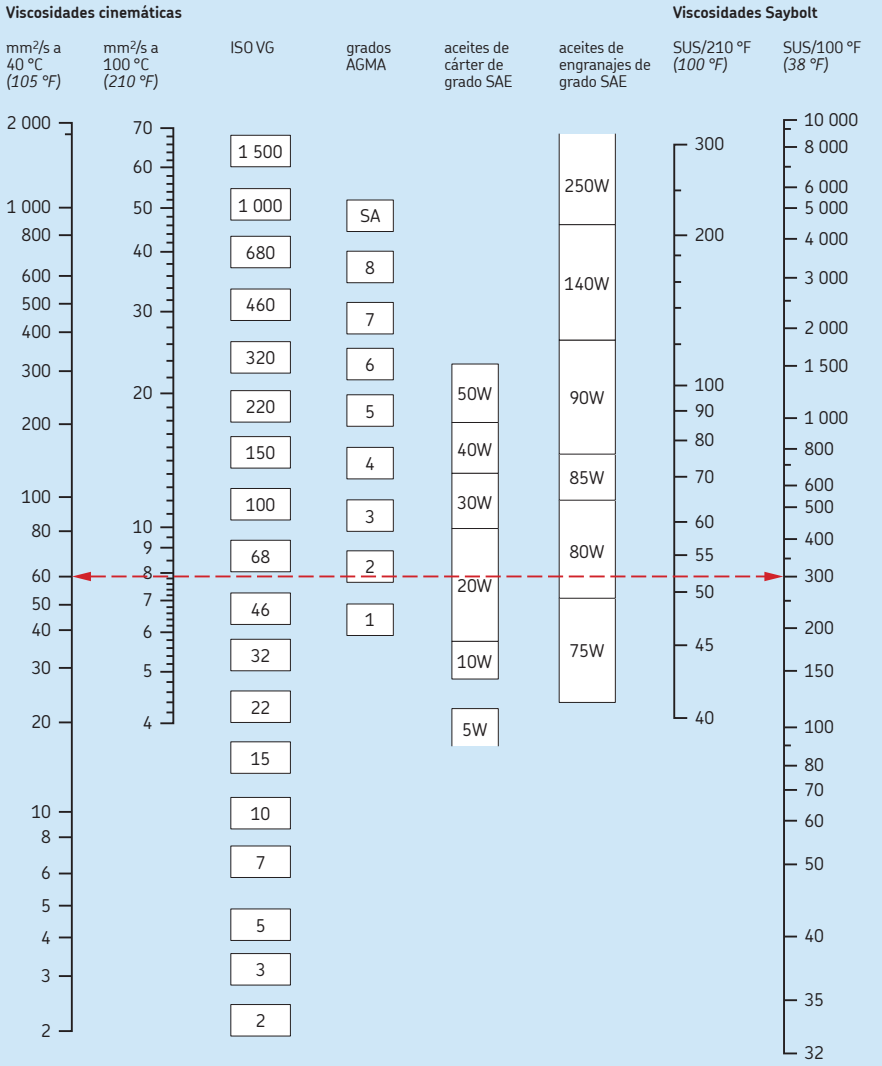
Método de calado de rodamientos SKF Drive-up: valores orientativos de la presión de aceite y el desplazamiento axial necesarios para el montaje de rodamientos de rodillos toroidales CARB

Designación de rodamientos [1]	Posición inicial		Posición final			Tuerca hidráulica	
	Presión de aceite necesaria P_{ref} [2] para		Desplazamiento axial desde la posición inicial s_a para		Reducción del juego radial desde la posición cero	Designación	Área del pistón
	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	una superficie de deslizamiento	dos superficies de deslizamiento	Δ_r		A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm²
Serie C 31							
C 3130 K	2,40	4,10	0,84	0,91	0,068	HMV 30E	7 500
C 3132 K	2,10	3,50	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3134 K	1,85	3,10	0,90	0,97	0,076	HMV 34E	9 400
C 3136 K	1,70	2,90	0,94	1,01	0,081	HMV 36E	10 300
C 3138 K	2,30	3,90	1,02	1,10	0,086	HMV 38E	11 500
C 3140 K	2,70	4,60	1,08	1,16	0,090	HMV 40E	12 500
C 3144 K	2,80	4,70	1,18	1,26	0,099	HMV 44E	14 400
C 3148 K	2,00	3,40	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
C 3152 K	2,80	4,70	1,37	1,44	0,117	HMV 52E	18 800
C 3156 K	2,60	4,50	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
C 3160 K	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
C 3164 KM	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
C 3168 KM	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3172 KM	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 KM	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 KM	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
Serie C 32							
C 3224 K	2,50	4,20	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
C 3232 K	2,70	4,60	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3236 K	3,70	6,30	1,01	1,09	0,081	HMV 36E	10 300
Serie C 40							
C 4010 K30TN9	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30V	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30V	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30V	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30MB	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 4024 K30V	1,15	2,20	1,65	1,84	0,054	HMV 24E	6 000
C 4026 K30	1,20	2,20	1,77	1,95	0,059	HMV 26E	6 400
C 4028 K30V	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30V	1,35	2,50	2,02	2,2	0,068	HMV 30E	7 500
C 4032 K30	1,05	1,95	2,08	2,26	0,072	HMV 32E	8 600
C 4034 K30V	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4036 K30V	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4038 K30V	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30V	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30V	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30M	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
serie C 41							
C 4120 K30V/VE240	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30V	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30V	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30V/VE240	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
C 4128 K30V/VE240	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4130 K30V	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30V	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30V	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
C 4136 K30V	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30V	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500

[1] Para obtener más información sobre rodamientos de rodillos toroidales CARB que no figuran en la tabla, comuníquese con el Departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

[2] Los valores indicados son válidos para la tuerca hidráulica indicada. Si se utiliza otra tuerca hidráulica, es necesario ajustar la presión de aceite (→ *Método de calado de rodamientos SKF Drive-up*, **página 57**).

Equivalentes de viscosidad
Comparación de varios métodos de clasificación de la viscosidad



Las viscosidades se basan en aceites de grado único 95 VI. Los grados ISO se especifican a 40 °C *(105 °F)*. Los grados AGMA se especifican a 100 °F *(38 °C)*.
Los aceites SAE 75W, 80W, 85W, y 5 y 10W se especifican a baja temperatura (por debajo de –17 °F [*-25 °C*]).
Se indican las viscosidades equivalentes para 100 °F *(38 °C)* y 210 °F *(100 °C)* . SAE 90 a 250 y 20 a 50 se especifican a 210 °F *(100 °C)*.

Anexo I-2

Grados de viscosidad ISO

Grado de viscosidad ISO	**Viscosidad cinemática** a 40 °C *(105 °F)*		
	media	mín.	máx.
–	mm^2/s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

Resumen de herramientas y productos para montaje SKF

SKF suministra una amplia gama de herramientas y productos para montaje. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com.

Kit de herramientas para el montaje de rodamientos



Llaves para tuercas de fijación de rodamientos



Llaves de gancho



Guantes de trabajo, resistentes al calor y al aceite



Calentadores de inducción



Calentadores de inducción portátiles



Placas eléctricas de calentamiento



Aceite de montaje



Bombas hidráulicas



Tuercas hidráulicas



Inyectores de aceite



Bombas hidráulicas neumáticas



Galgas



Indicador SensorMount



Agente anticorrosión



Resumen de los equipos de alineación SKF

SKF suministra una amplia gama de equipos de alineación. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com y www.skf.com/services.

Alineadores de ejes



Alineadores de poleas



Chapas calibradas para maquinaria



Elementos Vibracon SM SKF



Resumen de herramientas y productos para lubricación SKF

SKF suministra una amplia gama de productos para lubricación. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com.

SKF también dispone de una gama de sistemas de lubricación centralizada. Para obtener más información, visite www.skf.com/lubrication.

Grasas para rodamientos y aceites para cadenas



Rellenadores de grasa y pistolas engrasadoras



Bombas de llenado de grasa



Rellenadores de grasa



Recipientes para la manipulación de aceites



Medidores de grasa



Lubricadores automáticos de un solo punto



Lubricadores automáticos multipunto



Guantes resistentes a la grasa



Boquillas engrasadoras



Niveladores de aceite



13

SKF Lubrication Planner, y tapas y etiquetas para boquillas engrasadoras



Kits para análisis de grasas



Engrasadores compactos



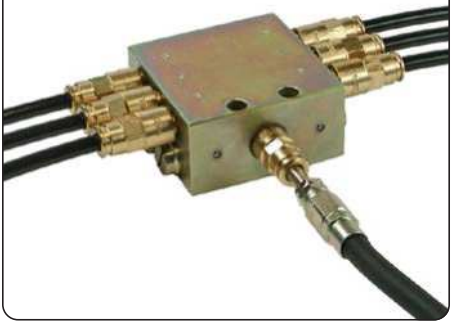
Bombas de pistón accionadas por batería KFAS



Bomba de pistón con distribuidor en bloque PF-VPBM



Ayudas a la lubricación con distribuidor dosificador



LGMT 2

Grasa SKF de uso general para rodamientos industriales y automotrices

LGMT 2 es una grasa con aceite base mineral y espesante de jabón de litio, que ofrece una excelente estabilidad térmica dentro de su rango de temperaturas de funcionamiento. Esta grasa de alta calidad y de uso general es adecuada para una amplia gama de aplicaciones industriales y automotrices.

Características

- excelente estabilidad a la oxidación
- buena estabilidad mecánica
- excelente resistencia al agua y propiedades antioxidantes

Aplicaciones recomendadas

- maquinaria agrícola
- rodamientos de rueda de automóviles
- cintas transportadoras
- motores eléctricos pequeños
- ventiladores industriales

LGMT 3

Grasa SKF de uso general para rodamientos industriales y automotrices

LGMT 3 es una grasa con aceite base mineral y espesante de jabón de litio. Esta grasa de alta calidad y de uso general es adecuada para una amplia gama de aplicaciones industriales y automotrices.

Características

- excelentes propiedades antioxidantes
- alta estabilidad a la oxidación dentro de su rango de temperaturas recomendado

Aplicaciones recomendadas

- rodamientos con un diámetro del agujero > 100 mm
- giro del aro exterior del rodamiento
- aplicaciones de eje vertical
- temperaturas ambiente elevadas constantes > 35 °C *(95 °F)*
- ejes de transmisión
- maquinaria agrícola
- rodamientos de rueda para automóviles, camiones y remolques
- grandes motores eléctricos

LGEP 2

Grasa para rodamientos para cargas pesadas y presión extrema SKF

LGEP 2 es una grasa con aceite base mineral y espesante de jabón de litio, que contiene aditivos para presión extrema. Esta grasa ofrece una buena lubricación a temperaturas de funcionamiento que van de -20 a +110 °C *(de –5 a +230 °F)*.

Características

- excelente estabilidad mecánica
- excelentes propiedades anticorrosivas
- excelente rendimiento a presión extrema (extreme pressure, EP)

Aplicaciones recomendadas

- máquinas papeleras
- trituradoras de mandíbulas
- compuertas de embalses
- rodamientos de rodillos de laminación en la industria siderúrgica
- maquinaria pesada, cribas vibratorias
- ruedas de grúas, poleas

LGFP 2

Grasa para rodamientos compatible con alimentos SKF

LGFP 2 es una grasa para rodamientos limpia, no tóxica, a base de aceite médico blanco y jabón complejo de aluminio. Esta grasa se ha formulado utilizando únicamente ingredientes aprobados por la FDA[1)] y está autorizada por la NSF[2)] para la categoría de servicio H1[3)].

Características

- cumple con toda la legislación existente sobre protección de alimentos
- alta resistencia al lavado por agua, lo que la hace adecuada para aplicaciones sometidas a lavados frecuentes
- excelente vida útil de la grasa
- excelente resistencia a la corrosión
- valor de pH esencialmente neutro

Aplicaciones recomendadas

- equipos de panadería
- equipos de elaboración de alimentos
- rodamientos de cajas multienvase
- máquinas de envolver
- rodamientos de cintas transportadoras
- máquinas embotelladoras

1) Administración de Medicamentos y Alimentos (Food and Drug Administration, FDA)
2) Fundación Nacional de Sanidad (National Sanitation Foundation)
3) Contacto accidental con alimentos

LGEM 2

Grasa para rodamientos de alta viscosidad con lubricantes sólidos SKF

LGEM 2 es una grasa de primera calidad, de alta viscosidad, a base de aceite mineral, que utiliza jabón de litio con bisulfuro de molibdeno y grafito.

Características

- buena lubricación para rodamientos que funcionan con cargas pesadas y rotación lenta
- lubricación segura gracias a la inclusión de bisulfuro de molibdeno y grafito

Aplicaciones recomendadas

- rodamientos con elementos rodantes que funcionen a baja velocidad y soporten cargas muy pesadas
- trituradoras de mandíbulas
- máquinas de tendido de vías
- ruedas de mástiles de elevación
- máquinas de construcción como pistones mecánicos, brazos y ganchos de grúa

LGEV 2

Grasa para rodamientos de viscosidad extremadamente alta con lubricantes sólidos SKF

LGEV 2 es una grasa de primera calidad, de viscosidad extremadamente alta, a base de aceite mineral, que utiliza jabón de litio-calcio con bisulfuro de molibdeno y grafito.

Características

- excelentes propiedades de lubricación gracias a la inclusión de bisulfuro de molibdeno y grafito sólidos
- muy adecuada para lubricar rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño sometidos a cargas pesadas y rotación lenta, una situación en la que pueden producirse microdeslizamientos
- estabilidad mecánica extremadamente buena, que aporta buena resistencia al agua y protección contra la corrosión

Aplicaciones recomendadas

- rodamientos de muñones en tambores giratorios
- rodillos de apoyo y axiales en hornos giratorios y secadores
- excavadoras de rueda de cangilones
- coronas de orientación
- laminadores de alta presión
- trituradoras

LGLT 2

Grasa para rodamientos para bajas temperaturas y velocidades extremadamente altas SKF

LGLT 2 es una grasa de primera calidad, a base de aceite totalmente sintético, que utiliza jabón de litio. Su exclusiva tecnología de espesantes y su aceite de baja viscosidad (PAO) proporcionan excelentes prestaciones de lubricación a bajas temperaturas (–50 °C [*–60 °F*]) y a velocidades extremadamente altas, se pueden alcanzar valores de n d_m de $1{,}6 \times 10^6$.

Características

- bajo momento de fricción
- bajo nivel de pérdida de potencia
- funcionamiento silencioso
- excelente estabilidad a la oxidación y resistencia al agua

Aplicaciones recomendadas

- husillos para máquinas textiles
- husillos de máquinas herramienta
- instrumentos y equipos de control
- motores eléctricos pequeños utilizados en equipos médicos y de odontología
- patines en línea
- cilindros de impresión
- robots

LGGB 2

Grasa para rodamientos biodegradable ecológica SKF

LGGB 2 es una grasa biodegradable de baja toxicidad, con un aceite base de éster sintético que usa un espesante de litio-calcio. Tiene excelentes propiedades de lubricación para una amplia gama de aplicaciones que funcionan en diferentes condiciones.

Características

- cumple con la legislación existente sobre toxicidad y biodegradabilidad
- buen rendimiento en aplicaciones con rótulas esféricas de acero/acero, rodamientos de bolas y de rodillos
- buen rendimiento en arranques a baja temperatura
- buenas propiedades anticorrosivas
- adecuada para cargas medias a pesadas

Aplicaciones recomendadas

- equipos agrícolas y forestales
- equipos de construcción y de movimiento de tierras
- equipos de minería y transportadores
- tratamiento de agua e irrigación
- esclusas, embalses, puentes
- sistemas articulados, cabezas de articulación
- otras aplicaciones en las que la contaminación del medioambiente suponga un problema

LGWM 1

Grasa para rodamientos para baja temperatura y presión extrema (EP)

LGWM 1 es una grasa a base de aceite mineral, que contiene jabón de litio y aditivos para presión extrema. Es muy recomendable para la lubricación de rodamientos que funcionan sometidos tanto con cargas radiales como axiales, p. ej., husillos de transporte.

Características

- buena formación de película de aceite a bajas temperaturas de hasta –30 °C *(–20 °F)*
- buena capacidad de bombeo a baja temperatura
- buena protección contra la corrosión
- buena resistencia al agua

Aplicaciones recomendadas

- molinos de viento
- transportadores helicoidales
- sistemas de lubricación centralizada
- aplicaciones con rodamientos axiales de rodillos a rótula

LGWM 2

Grasa para rodamientos para cargas pesadas y amplio rango de temperaturas SKF

LGWM 2 ha sido desarrollada para la lubricación en un amplio rango de temperaturas, cargas pesadas y entornos húmedos. LGWM 2 es una grasa a base de aceite mineral-sintético que utiliza la última tecnología en espesantes con complejo de sulfonato de calcio. LGWM 2 es adecuada para temperaturas de hasta –40 °C *(–40 °F)*.

Características

- excelente protección contra la corrosión
- excelente estabilidad mecánica
- excelente capacidad de lubricación con cargas pesadas
- buena protección contra la vibrocorrosión
- buena capacidad de bombeo incluso a bajas temperaturas

Aplicaciones recomendadas

- turbinas eólicas
- aplicaciones de servicio pesado fuera de carretera
- aplicaciones expuestas a la nieve
- aplicaciones marítimas
- aplicaciones con rodamientos axiales de rodillos a rótula

LGWA 2

Grasa para rodamientos para cargas pesadas, presión extrema (EP) y amplio rango de temperaturas SKF

LGWA 2 es una grasa de alta calidad, con un aceite base mineral y complejo de litio con rendimiento para presión extrema (EP). LGWA 2 ofrece unas propiedades que permiten recomendarla para una amplia gama de aplicaciones industriales y automotrices.

Características

- excelente lubricación a temperaturas máximas de hasta 220 °C *(430 °F)* durante períodos cortos
- protección de rodamientos de ruedas en condiciones severas
- lubricación eficaz en condiciones húmedas
- buena resistencia al agua y a la corrosión
- excelente lubricación con cargas pesadas y velocidades bajas

Aplicaciones recomendadas

- rodamientos de ruedas para automóviles, remolques y camiones
- lavadoras
- motores eléctricos

LGHB 2

Grasa de alta viscosidad para rodamientos para cargas pesadas y altas temperaturas

LGHB 2 es una grasa de primera calidad, de alta viscosidad, a base de aceite mineral, que utiliza la última tecnología en jabón complejo de sulfonato de calcio. Esta grasa no contiene aditivos y las características de presión extrema se crean dentro de la estructura del jabón.

Características

- excelentes propiedades antioxidantes y anticorrosivas
- buen rendimiento EP en aplicaciones que funcionan con cargas pesadas

Aplicaciones recomendadas

- rótulas de acero/acero
- máquinas papeleras
- cribas vibratorias para asfalto
- máquinas de colada continua
- rodamientos de rodillos a rótula sellados que funcionan a temperaturas de hasta 150 °C *(300 °F)*
- soporta temperaturas máximas de 200 °C *(390 °F)*
- rodamientos de rodillos de laminación en la industria siderúrgica
- rodillos de mástil de carretillas elevadoras

LGHP 2

Grasa de alto rendimiento para rodamientos para altas temperaturas SKF

LGHP 2 es una grasa de primera calidad, a base de aceite mineral, que utiliza un moderno espesante de poliurea (diurea). Es adecuada para rodamientos de bolas (y de rodillos) que deban funcionar de forma extremadamente silenciosa, en un amplio rango de temperaturas de –40 a +150 °C *(de –40 a +300 °F)*, a velocidades medias y altas.

Características

- vida útil extremadamente larga a alta temperatura
- amplio rango de temperaturas
- excelente protección contra la corrosión
- excelente estabilidad térmica
- buen rendimiento en arranques a baja temperatura
- compatibilidad con grasas comunes que incorporan poliurea
- compatibilidad con grasas con espesante de complejo de litio
- característica de bajo nivel de ruido
- muy buena estabilidad mecánica

Aplicaciones recomendadas

- motores eléctricos: pequeños, medianos y grandes
- ventiladores industriales, incluidos los de alta velocidad
- bombas de agua
- rodamientos de máquinas textiles, papeleras y secadoras
- aplicaciones con rodamientos de bolas de alta velocidad que funcionan a temperaturas medias y altas
- rodamientos de desembrague
- rodillos y vagonetas de horno
- aplicaciones de eje vertical

LGET 2

Grasa para rodamientos para altas temperaturas y condiciones extremas SKF

LGET 2 es una grasa de primera calidad, a base de aceite sintético fluorado, que utiliza un espesante de PTFE. Tiene excelentes propiedades de lubricación a temperaturas extremadamente altas que superan los 200 a 260 °C *(300 a 500 °F)*.

Características

- larga vida útil en entornos agresivos, como áreas o ambientes muy reactivos con presencia de oxígeno gaseoso de gran pureza o hexano
- excelente resistencia a la oxidación
- buena resistencia a la corrosión
- excelente resistencia al agua y al vapor

Aplicaciones recomendadas

- equipos de panadería (hornos)
- ruedas de vagonetas de hornos
- rodillos de carga de copiadoras
- máquinas de cocción de barquillos
- secadoras textiles
- tensores para el estirado de film
- motores eléctricos que funcionan a temperaturas extremas
- ventiladores de aire caliente/de emergencia
- bombas de vacío

Tabla de selección de grasas para los rodamientos SKF

Designación	Temp.	Velocidad	Carga	Descripción	Rango de temperaturas[1]		Espesante/ aceite base	Viscosidad del aceite base[2]
					LTL	HTPL		
–	–	–	–	–	°C (°F)		–	mm²/s
LGMT 2	M	M	B a M	Uso general industrial y automotriz	-30 (-20)	+120 (+250)	Jabón de litio/ aceite mineral	110
LGMT 3	M	M	B a M	Uso general industrial y automotriz	-30 (-20)	+120 (+250)	Jabón de litio/ aceite mineral	120
LGEP 2	M	B a M	H	Presión extrema	-20 (-5)	+110 (+230)	Jabón de litio/ aceite mineral	200
LGFP 2	M	M	B a M	Compatible con alimentos	-20 (-5)	+110 (+230)	Complejo de aluminio/ aceite médico blanco	130
LGEM 2	M	MB	A a MA	Viscosidad alta con lubricantes sólidos	-20 (-5)	+120 (+250)	Jabón de litio/ aceite mineral	500
LGEV 2	M	MB	A a MA	Viscosidad extremadamente alta con lubricantes sólidos	-10 (+15)	+120 (+250)	Jabón de litio-calcio/ aceite mineral	1020
LGLT 2	B a M	M a EA	B	Baja temperatura,velocidad extremadamente alta	-50 (-60)	+110 (+230)	Jabón de litio/ aceite de PAO	18
LGGB 2	B a M	B a M	M a A	Ecológica, biodegradable, baja toxicidad[3]	-40 (-40)	+90 (+195)	Jabón de litio-calcio/ aceite de éster sintético	110
LGWM 1	B a M	B a M	A	Presión extrema, baja temperatura	-30 (-20)	+110 (+230)	Jabón de litio/ aceite mineral	200
LGWM 2	B a M	B a M	M a A	Cargas pesadas, amplio rango de temperaturas	-40 (-40)	+110 (+230)	Complejo de sulfonato de calcio/aceite de PAO sintético/aceite mineral	80
LGWA 2	M a A	B a M	B a A	Amplio rango de temperaturas[4], presión extrema	-30 (-20)	+140 (+285)	Jabón de complejo de litio/aceite mineral	185
LGHB 2	M a A	MB a M	A a MA	Alta viscosidad EP, altas temperaturas[5]	-20 (-5)	+150 (+300)	Complejo de sulfonato de calcio/aceite mineral	400
LGHP 2	M a A	M a A	B a M	Grasa de poliurea de alto rendimiento	-40 (-40)	+150 (+300)	Diurea/aceite mineral	96
LGET 2	MA	B a M	A a MA	Temperaturas extremas	-40 (-40)	+260 (+500)	PTFE/(poliéter fluorado) sintético	400

MB = muy baja, B = baja, M = moderada, A = alta, MA = muy alta, EA = extremadamente alta

1) LTL = límite inferior de temperatura, HTPL = límite superior de temperatura para un rendimiento eficaz
2) mm²/s a 40 °C (105 °F) = cSt
3) LGGB 2 puede soportar temperaturas máximas de 120 °C (250 °F)
4) LGWA 2 puede soportar temperaturas máximas de 220 °C (430 °F)
5) LGHB 2 puede soportar temperaturas máximas de 200 °C (400 °F)

	Eje vertical	Rotación rápida del aro exterior	Movimientos oscilantes	Vibración severa	Cargas de choque o puesta en marcha frecuente	Bajo nivel de ruido	Baja fricción	Propiedades antioxidantes
–	–	–	–	–	–	–	–	–
	o	-	-	+	-	-	o	+
	+	o	-	+	-	-	o	o
	o	-	o	+	+	-	-	+
	o	-	-	-	-	-	o	+
	o	-	+	+	+	-	-	+
	o	-	+	+	+	-	-	+
	o	-	-	-	o	+	+	o
	o	-	+	+	+	-	o	o
	-	-	+	-	+	-	-	+
	o	o	+	+	+	-	-	+
	o	o	o	o	+	-	o	+
	o	+	+	+	+	-	-	+
	+	-	-	o	o	+	o	+
	o	+	+	o	o	-	-	o

Símbolos: + Recomendado
o Adecuado
- No adecuado

Resumen de los instrumentos básicos de monitoreo de condición de SKF

SKF ofrece una amplia gama de instrumentos básicos de monitoreo de condición. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com o www.skf.com/cm.

Para obtener información sobre los instrumentos avanzados de monitoreo de condición y los sistemas de monitoreo en línea, visite www.skf.com/cm.

Cámara termográfica



Termómetros



Estetoscopios electrónicos



Endoscopios



Estroboscopios



Monitores de condición del aceite



Tacómetros



Sonómetros



Detectores ultrasónicos de fugas



Analizador de la condición de la máquina SKF



Kits de sonda ultrasónica



Kits de monitoreo de la condición (básicos)



Kits de monitoreo básico de la condición especializados



SKF MicroVibe P



Detectores de la condición de la máquina



Resumen de herramientas y productos para desmontaje SKF

SKF suministra una amplia gama de productos para desmontaje. Para obtener más información, visite www.mapro.skf.com.

Extractores mecánicos



Extractores hidráulicos



Extractores de garras de alto rendimiento



Placas extractoras





Kits de extracción de rodamientos internos

Kits de extractores para soportes ciegos



Aros de calentamiento de aluminio



Calentadores de inducción fijos y ajustables



Tuercas hidráulicas



Aceite de desmontaje



Tabla de conversión de unidades

Cantidad	Unidad	Conversión			
Longitud	pulgada	1 mm	0,03937 pulg.	1 pulg.	25,40 mm
	pie	1 m	3,281 ft	1 ft	0,3048 m
	yarda	1 m	1,094 yd	1 yd	0,9144 m
	milla	1 km	0,6214 milla	1 milla	1,609 km
Área	pulgada cuadrada	1 mm^2	0,00155 pulg. cuadrada	1 pulg. cuadrada	645,16 mm^2
	pie cuadrado	1 m^2	10,76 ft cuadrado	1 ft cuadrado	0,0929 m^2
Volumen	pulgada cúbica	1 cm^3	0,061 pulg. cúbica	1 pulg. cúbica	16,387 cm^3
	pie cúbico	1 m^3	35 ft cúbico	1 ft cúbico	0,02832 m^3
	galón imperial	1 l	0,22 galón	1 galón	4,5461 l
	galón estadounidense	1 l	0,2642 galón estadounidense	1 galón estadounidense	3,7854 l
Velocidad	pie por segundo	1 m/s	3,28 ft/s	1 ft/s	0,30480 m/s
	milla por hora	1 km/h	0,6214 milla/h (mph)	1 milla/h (mph)	1,609 km/h
Masa	onza	1 g	0,03527 oz	1 oz	28,350 g
	libra	1 kg	2,205 lb	1 lb	0,45359 kg
	tonelada corta	1 tonelada	1,1023 tonelada corta	1 tonelada corta	0,90719 tonelada
	tonelada larga	1 tonelada	0,9842 tonelada larga	1 tonelada larga	1,0161 tonelada
Densidad	libra por pulgada cúbica	1 g/cm^3	0,0361 lb/pulg. cúbica	1 lb/pulg. cúbica	27,680 g/cm^3
Fuerza	libra-fuerza	1 N	0,225 lbf	1 lbf	4,4482 N
Presión, tensión	libras por pulgada cuadrada	1 MPa	145 psi	1 psi	$6{,}8948 \times 10^3$ Pa
Momento	libra-fuerza pulgada	1 Nm	8,85 pulg.lbf	1 pulg.lbf	0,113 Nm
Potencia	pie-libra por segundo	1 W	0,7376 ft lbf/s	1 ft lbf/s	1,3558 W
	caballo de fuerza	1 kW	1,36 HP	1 HP	0,736 kW
Temperatura	grados	Centígrados	$t_C = 0.555\ (t_F - 32)$	Fahrenheit	$t_F = 1{,}8\ t_C + 32$

Índice

@
@ptitude Exchange *Consulte* SKF @ptitude Exchange

A
aceite
  análisis 210-212
  comparación con la grasa 182, 214
  compatibilidad 201, 210
  filtrado 211-212
  muestreo 210
  selección 203-207
  viscosidad 203-206
aceite base
  compatibilidad 200–201
  en aceite 203
  en grasa 183
  viscosidad 185
aceite mineral
  en aceite 203-204
  en grasa 183, 189
aceite natural
  en aceite 203
  en grasa 183
aceite sintético
  en aceite 203
  en grasa 183
aceites para cadenas 209
  para lubricadores SKF SYSTEM 24 199
aceite y aire 207–-208
  SKF Oil+Air 215
acero moldeado 126
acero prensado 100
adherencia
  que provoca desgaste adhesivo 301, 312
  resolución de problemas 244, 247
aditivo anticorrosivo
  en aceite 203
  en grasa 184
aditivo antidesgaste
  en aceite 203, 207
  en grasa 184
aditivo antiespumante 203
aditivo antioxidante
  en aceite 203
  en grasa 184
aditivos
  compatibilidad con los materiales 188-189, 202, 207, 210
  en aceite 203
  en grasa 184
  en sistemas de lubricación centralizada 212
aditivos EP *Consulte* aditivos para presión extrema
aditivos para presión extrema
  compatibilidad con materiales 202, 207
  en aceite 203, 207
  en grasa 184
aditivos sólidos
  en aceite 203
  en grasa 184
  en sistemas de lubricación centralizada 213
agente anticorrosión 49
agitación
  causada por el exceso de grasa 190, 199
  causada por la vibración 194
  provoca fugas de lubricante 222
  resolución de problemas 236
agrietamiento 298-299
agrietamiento térmico 298-299
  causado por ajustes incorrectos 301
agua
  contaminación 181, 187, 212
  contenido en aceite 210-211
  daños en los rodamientos 317-318
  resistencia de la grasa 183, 185, 188
agua salada 185
aire comprimido 226
ajuste de rodamientos
  resolución de problemas 245
  rodamientos de bolas de contacto angular 74-77
  rodamientos de rodillos cónicos 84-88
ajustes
  ajustes resultantes 338-381
  condiciones problemáticas 241–242, 246
  daños en los rodamientos 300-302
  para ejes 334-336
  para soportes 336-337
  selección 32-34
ajustes recomendados *Consulte* ajustes
ajustes resultantes
  para ejes (en pulgadas) 360-371
  para ejes (métricos) 338-349
  para soportes (en pulgadas) 372-381
  para soportes (métricos) 350-359
alfombras de calefacción 269
alineación 158-177
  de ejes 167 -174
  de las correas 176-177
  de las máquinas 161-166
  de los accionamientos de desplazamiento 175
  equipo SKF 419
alineación de accionamientos de desplazamiento 175
alineación de eje cardánico *Consulte* alineación de los accionamientos de desplazamiento
alineación de ejes 167-174
  convenciones de medición 167-168
  métodos 170-173
  tolerancias 169
alineación de la máquina 161-166
alineación de poleas 176-177
alineación de poleas *Consulte* alineación de poleas
alineación de ranura 176-177
alineación frontal 176-177
almacenamiento
  daños en los rodamientos 308
  de los sellos elastoméricos 42
  de lubricantes 42-43
  de rodamientos 41
análisis de fallas *Consulte* daños en los rodamientos
Análisis de las necesidades del cliente *Consulte* Análisis de las necesidades del cliente SKF
Análisis de las necesidades del cliente SKF 328

Analizador de la condición de la máquina *Consulte* Analizador de la condición de la máquina SKF
Analizador de la condición de la máquina SKF 223
ángulo de apriete de la tuerca de fijación 55
  valores para rodamientos de bolas a rótula 402
  valores para rodamientos de rodillos a rótula 403
  valores para rodamientos de rodillos toroidales CARB 404
anillo elevador de aceite 207–208
  en soportes SONL 137-139
  intervalo de cambio de aceite 209
anillos de fijación 132
anillos de retención 91
anillos distanciadores 91, 151
anillos distanciadores 134
anillos elevadores *Consulte* anillos elevadores de aceite
anillos estabilizadores *Consulte* anillos de fijación
Anillos FRB *Consulte* anillos de fijación
anillos/manguitos de impacto 146
aplastamiento *Consulte* error de redondez
aplicaciones oscilantes 207
aplicaciones para temperaturas extremas 182
apoyo al mantenimiento 324-331
arandelas
  para soportes 131
  para unidades de rodamientos 101
arandelas de sellado 156
arandelas espaciadoras 156
aro exterior giratorio
  ajuste del intervalo de relubricación 195
  aplicación de la rueda 87-88
  condiciones de carga 32
  patrones de trayectoria 293
aro interior fijo 293
aros de calentamiento *Consulte* aros de calentamiento de aluminio
aros de calentamiento de aluminio
  para desmontaje de rodamientos 255, 258-259
  para montaje de rodamientos 69, 81
arrastre *Consulte* adherencia
asientos *Consulte* asientos de rodamientos
asientos de eje cónico
  desmontaje de rodamientos 259-264
  formulario de medición 48
  montaje de rodamientos 54-56
asientos del eje cilíndrico
  desmontaje de rodamientos 256-259
  forma y precisión de posición 386
  formulario de medición 48
  montaje de rodamientos 53
asientos de rodamientos
  comprobación de la precisión 47-49
  daños en los rodamientos 302-303
  dimensiones de los filetes en relieve 387
  requisitos de precisión 35 -36, 386
  rugosidad superficial 36, 387
atornillado 167, 175

B

baño de aceite 208
  condiciones problemáticas 236, -237
  intervalo de cambio de aceite 209
  muestreo de aceite 210
  para calentar rodamientos 71
bisulfuro de molibdeno
  en grasa 183
  para montaje de rodamientos 62
bombas
  guía de selección 72
  para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up 56
bombas hidráulicas
  guía de selección 72
  para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up 56
boquillas engrasadoras
  para la reposición de grasa 195
  posición en los soportes de pie 133, 196

C

calado axial
  medición de la reducción del juego 55
  medición del desplazamiento axial 56
  resolución de problemas 240
  valores para rodamientos de bolas a rótula 402
  valores para rodamientos de rodillos a rótula 403
  valores para rodamientos de rodillos toroidales CARB 404
calado *Consulte* calado axial
calce *Consulte* chapas calibradas
calentadores de inducción
  para desmontaje de rodamientos 255, 259
  para la instalación de manguitos antidesgaste 152
  para montaje de rodamientos 69, 82
calibres cónicos 47, -48
calibres para anillos 47
calidad de la base 161
calor
  monitoreo de condición 221
  resolución de problemas 233
calzos 164
capacitación 326-327
carga axial
  cargas inducidas 241, 243–244, 301–320
  patrones de trayectoria 294-295
carga de impacto
  ajuste del intervalo de relubricación 195
  daños en los rodamientos 248, 308
  requisitos de los aditivos 207
carga fija 32
carga giratoria 32
  resolución de problemas 243
cargas inducidas 301, 320
  resolución de problemas 241, 243-244
caucho acrílico 201
cauchos de acrilonitrilo-butadieno
  sufijos de designación para los rodamientos 24–25
  sufijos de designación para los sellos 145
centro de rotación 167
chapas calibradas 163
chapas calibradas *Consulte* chapas calibradas para maquinaria
chapas calibradas para maquinaria 163-164
  condiciones problemáticas 241
  en la serie TMAS 164
  para ajustar rodamientos de bolas de contacto angular 74–75
  para ajustar rodamientos de rodillos cónicos 85
  para evitar la precarga axial 244
  para soportes de pie 130
  para unidades de rodamientos 101
chavetas 150, 152
chorro de aceite 208
  intervalo de cambio de aceite 209
cilindricidad 36, 386
CircOil *Consulte* SKF CircOil
circulación de aceite 208
  en sistemas de lubricación centralizada 213–215
  intervalo de cambio de aceite 209
  montaje de soportes SONL 137-139
  toma de muestras de aceite 210
clases de tolerancia *Consulte* clases de tolerancia ISO
Clasificación EMCOR *Consulte* clasificación SKF EMCOR
Clasificación SKF EMCOR 188
Clasificación SKF V2F 188
Clasificación V2F *Consulte* clasificación V2F SKF
código de tamaño 22
compatibilidad
  aceite 210
  entre aceites base 201
  entre espesantes 201
  grasa 200-202
componentes asociados
  comprobación de la precisión 47-49
  dimensiones para conductos, ranuras y orificios 405
  engrasado en la instalación inicial 188
  preparativos 49
con base 167, 175
ConCentra *Consulte* SKF ConCentra
concepto del semáforo de SKF 186-187

concepto del semáforo *Ver* concepto del semáforo de SKF
condiciones de giro 32
confiabilidad del activo 326-329
confiabilidad dirigida por operarios 219, 330
conjuntos de rodamientos emparejados 76
conos calibrados
  para la alineación de ejes 170
  para la alineación de poleas 176
conservante inhibidor de la oxidación 188
  compatibilidad con las grasas 189, 202
  eliminación 202
conservantes
  compatibilidad 189, 202
  eliminación de los rodamientos nuevos 47, 202
consistencia 185
  prueba de rendimiento de la grasa 188
contacto directo entre metales
  prevención 183, 202
  que provoca el desgaste adhesivo 312
  resolución de problemas 233-234, 237, 246, 249
contaminación
  ajuste del intervalo de relubricación 195
  clasificación ISO 212
  contaminantes 211-212
  progreso de los daños en el rodamiento 231
  que produce desgaste por abrasión 314-315
  que provoca mellas 316
  resolución de problemas 245-246, 249-250
contaminantes líquidos 212
  resolución de problemas 246, 250
contaminantes sólidos 211-212
  resolución de problemas 245, 249
contratos de servicio de campo 330
corriente eléctrica
  condiciones problemáticas 249, -250
  daños por fugas de corriente 321-322
  daños por voltaje excesivo 307
corrosión 298, -299
  corrosión por fricción 302-303, 308, 319
  corrosión por humedad 308, 317-318
corrosión por fricción 298, -299
  corrosión por frotamiento 298-299, 302-303
  vibrocorrosión 308, 319
corrosión por frotamiento 298–299
  causada por ajustes incorrectos 300
  causada por asientos defectuosos 302-303
  eliminación 226
  prueba de rendimiento de la grasa 188
corrosión por humedad 298-299
  causada por sellado ineficiente 317-318
  causada por un transporte o almacenamiento incorrectos 308
  resolución de problemas 250
Costo total de propiedad 329
cráteres 321-322
cubos *Consulte* cubos de rueda
cubos de rueda 87-88

D

daños en la superficie 233-235
daños en los rodamientos 288-323
  causas 230–231, 298
  clasificación ISO 298
  operativos 309–322
  preoperativos 300–308
  síntomas 232–235
daños por impacto
  causados por un transporte o almacenamiento incorrectos 308
  causados por prácticas de montaje defectuosas 248, 305
daños por transporte 308
deformación plástica 298-299
  mellas 305-306, 316
  sobrecarga 305, 308
desalineación
  daños en los rodamientos 304, 320
  de ejes 167 -169
  de las correas 176-177
  de los accionamientos de desplazamiento 175
  de los sellos externos 238
  en unidades de rodamientos de bolas con anillo de fijación excéntrico 106, 108
  en unidades de rodamientos de bolas con fijación con prisionero 104, 106
  en unidades de rodamientos de bolas con manguito de fijación 110
  en unidades de rodamientos de bolas SKF ConCentra 112, 114
  en unidades de rodamientos de rodillos con anillo de fijación cilíndrico 119
  en unidades de rodamientos de rodillos SKF ConCentra 116, 118
  frecuencias de vibración 222-223
  patrones de trayectoria 296-297
descascarado 231
  iniciado bajo la superficie 303-304, 309
  iniciado en la superficie 301, 304, 310-311
  resolución de problemas 244, 249-250
desequilibrio 223
desequilibrio 243, 246
desgaste 298-299
  abrasivo 300-301, 313, 314-315
  adhesivo 301, 312
desgaste adhesivo 298–299
  causado por ajustes incorrectos 301
  causado por lubricación ineficiente 312
desgaste por abrasión 298–299
  causado por ajustes incorrectos 300-301
  causado por lubricación ineficiente 313
  causado por sellado ineficiente 314-315
desgaste por pulido
  causado por ajustes incorrectos 300-301
  causado por sellado ineficiente 315
designaciones
  para rodamientos 22 -25
  para sellos 143-145
  para soportes 125-129
  para unidades de rodamientos 96-100
deslizamiento *Consulte* adherencia
desmontaje de los sellos *Consulte* desmontaje de sellos
desmontaje de rodamientos 254-269
  con un manguito de desmontaje 264–-267
  con un manguito de fijación 260-264
  cuando hay daños en los rodamientos 291
  de un asiento de eje cilíndrico 256-259
  de un asiento de eje cónico 259–260
  de un soporte macizo 267-269
  herramientas 255, 435-436
  métodos 255
  preparativos 254
  utilizando calor 258-259, 269
desmontaje de sellos 284-286
desmontaje de soportes 278-283
  preparativos 278
  soportes con pestañas 282-283
  soportes de pie de dos piezas 280-281
desmontaje de unidades de rodamientos 270-277
  con fijación con prisionero 272
  con fijación SKF ConCentra 275-277
  con un anillo de fijación excéntrico 273
  con un manguito de fijación 274
  herramientas 270
  preparativos 271
desmontaje en caliente *Consulte* desmontaje en caliente utilizando calor
desplazamiento axial 30-31
  consideraciones para la selección del ajuste 34
  en soportes de pie 132
  medición del calado axial 56, -57
  para rodamientos de rodillos toroidales CARB 91
  valores del método de calado de rodamientos SKF Drive-up 406 -413
diferencia de temperatura
  condiciones problemáticas 240
  consideraciones para la alineación 161
  consideraciones para la selección del ajuste 33
  entre aros interiores y exteriores 221
dilatación del aro interior 56

dilatación térmica
consideraciones para la alineación 161, 169
consideraciones para la selección del ajuste 33-34
montaje de rodamientos de rodillos toroidales CARB 91
dirección indeterminada de la carga 32
disposiciones de rodamientos
en soportes de pie 127, 132
terminología 11
tipos 30-31
disposiciones de rodamientos ajustadas 31
fijación axial 37-38
disposiciones de rodamientos cara a cara
ajuste de rodamientos de bolas de contacto angular 74-75
ajuste de rodamientos de rodillos cónicos 84-85
disposiciones de rodamientos del lado libre 30–-31
disposiciones de rodamientos espalda con espalda
ajuste de rodamientos de bolas de contacto angular 76-77
ajuste de rodamientos de rodillos cónicos 86-88
disposiciones de rodamientos fijos 30-31
disposiciones de sellado 39-40
condiciones problemáticas 238
dispositivo de elevación 50, 68
distribuciones de la carga
consideraciones para la selección del ajuste 32
patrones de trayectoria 292-297
Distribuidores autorizados SKF 331
Duoflex *Consulte* SKF Duoflex
Duralife *Consulte* SKF Duralife
Duralip *Consulte* SKF Duralip
DURATEMP 145

E
eficiencia energética 329
ejes huecos 34-35
ejes verticales
ajuste del intervalo de relubricación 195
consideraciones para la selección del lubricante 182
elastómero fluorado
a altas temperaturas 142
sufijo de designación para los sellos 145
elementos ranurados *Consulte* calzos
Elementos SKF Vibracon SM 162-165
Elementos Vibracon SM *Consulte* Elementos SKF Vibracon SM
endoscopios 225 -226
ensayo VKA 188
envolvente de aceleración 224
Epocast 36 165
erosión eléctrica 298, -299
fugas de corriente 321-322
voltaje excesivo 307
error de redondez 241
causado por asientos defectuosos 302-303
patrones de trayectoria 296-297
resolución de problemas 241
espesantes
compatibilidad 201
tipos 183
espumado
causas 211
prevención 202
estabilidad del rodillo 188
estabilidad mecánica 188
estetoscopios electrónicos 221
estriado
causado por la vibración 319
causado por la corriente eléctrica 322
estrías 150, 152
excentricidad 36
tolerancias de los asientos de los rodamientos 386
exceso de rodamiento 231
frecuencias de los defectos de los rodamientos 224
extractores
para el desmontaje de soportes con pestañas 282
para el desmontaje de un rodamiento de un soporte macizo 267-269
para el desmontaje de un rodamiento en un asiento de eje cilíndrico 256-257
para el desmontaje de un rodamiento en un asiento de eje cónico 260
extractores asistidos hidráulicamente 257, 260
extractores *Consulte* extractores
extractores de rodamientos internos 268
extractores mecánicos 256, 260

F
factor de velocidad 187
límites para la lubricación con grasa 186, 194
falla en el rodamiento *Consulte* daños en los rodamientos
falla prematura en el rodamiento *Consulte* daño en los rodamientos
fallas *Consulte* fallas en la máquina
fallas en la máquina 222
falsa escuadra
causada por asientos defectuosos 302
causada por desalineación estática 304
resolución de problemas 251
fatiga 298-299
iniciada bajo la superficie 301, 303-304
iniciada en la superficie 301, 303-304, 310-311
fatiga del material *Consulte* fatiga iniciada bajo la superficie
fatiga iniciada bajo la superficie 298-299, 309
causada por ajustes incorrectos 301
causada por asientos defectuosos 303
causada por desalineación estática 304
fatiga iniciada en la superficie 298-299
causada por ajustes incorrectos 301
causada por asientos defectuosos 303
causada por desalineación estática 304
causada por lubricación ineficiente 310-311
resolución de problemas 249
fijación axial 37-38
en soportes de pie 132
fijación con prisionero 94–95
desmontaje de unidades de rodamientos 272
montaje de unidades de rodamientos 104-106
valores de par de apriete 102
fijación del anillo cilíndrico 94-95
montaje de unidades de rodamientos 119-120
valores de par de apriete 102
fijación del anillo excéntrico 94-95
desmontaje de unidades de rodamientos 273
montaje de unidades de rodamientos 106-108
valores de par de apriete 102
fijación mediante manguito de fijación 94-95
desmontaje de unidades de rodamientos 274
montaje de unidades de rodamientos 109-110
valores de par de apriete 103
fijación radial 31-36
condiciones problemáticas 241–242, 246
Fijación SKF ConCentra 94-95
filetes
condiciones problemáticas 247
dimensiones 38
dimensiones (filetes en relieve) 387
filetes en relieve 38
dimensiones 387
FKM *Consulte* elastómero fluorado
fluencia 31
causada por ajustes incorrectos 300-301
consideraciones para la selección del ajuste 33
resolución de problemas 243, 246-247
fluencia del anillo *Consulte* fluencia
formulario de medición 48
fractura 298-299
agrietamiento térmico 301
fractura forzada 301, 303
fractura por fatiga 319
fractura forzada 298-299
causada por ajustes incorrectos 301
causada por asientos defectuosos 303
fractura por fatiga 298-299
causada por desalineación operativa 319
frecuencias de defectos 224
fuga de aceite 182
resolución de problemas 236

fuga de grasa 182
  pruebas de rendimiento de la grasa 188
  resolución de problemas 202, 236, 238-239
fugas 222
  resolución de problemas 236, 238-239, 245
fugas de corriente 298-299
  causadas por el paso de la corriente eléctrica 321-322
fundición
  soportes 126
  soportes de unidad de rodamiento 100
fundición de grafito esferoidal 126

G
gabinetes de calentamiento 70
galgas
  para comprobar la pata coja 162
  para la alineación de ejes 170
  para la alineación de poleas 176
  para medir el juego interno 52
  para medir la reducción del juego 55
gestión de activos 326-329
giro del aro exterior
  ajuste del intervalo de relubricación 195
  aplicación de la rueda 87-88
  condiciones de carga 32
  patrones de trayectoria 293
grado de consistencia *Consulte* Grado NLGI
grados de tolerancia *Consulte* grados de tolerancia ISO
grados de viscosidad *Consulte* grados de viscosidad ISO
grados NLGI 184
  prueba de rendimiento de la grasa 188
grafito 182, 184
grasa
  análisis 222
  comparación con el aceite 182, 214
  compatibilidad 200–202
  consistencia 185 , 188
  envejecimiento 187, 192, 195
  función 184
  grasas SKF 423-431
  hojas de datos 181, 184-188
  propiedades 185-188
  pruebas de rendimiento 188
  rango de temperatura de funcionamiento 186–-187
  rigidez 184, 187
  selección 189
  tabla de selección (grasas SKF) 430–-431
grasa fluorada 189, 200, 202
grasas SKF 423-431
  para lubricadores SKF SYSTEM 24 199
  tabla de selección 430-431
grietas
  causadas por ajustes incorrectos 300-301
  causadas por asientos defectuosos 303
  microgrietas 309-312
guantes 73

H
herramientas *Consulte* Herramientas y productos SKF
Herramientas y productos SKF
  para el desmontaje 435-436
  para el monitoreo de condición 432-434
  para el montaje 416-418
  para la alineación 419
  para la lubricación 420-422
HNBR *Consulte* cauchos de acrilonitrilo-butadieno
hojas de datos de seguridad *Consulte* hojas de datos de seguridad del material
hojas de datos de seguridad del material 180
  interpretación 184-188
holgura 163, 220
holgura de funcionamiento 29
hornos de recalentamiento 182
humectación de la superficie 202
humedad
  al almacenar lubricantes 43
  al almacenar rodamientos y unidades 41
  al almacenar sellos elastoméricos 42
HYDROCAM 166

I
incompatibilidad *Consulte* compatibilidad
indicador de nivel de aceite 137, 139
indicador de par 112-113
índice de viscosidad 203
ingeniería de confiabilidad 327
inspección 216–-227
  durante el funcionamiento 220-224
  durante la parada 224-227
  lubricantes 181
inspección térmica 221
instalación de la máquina 161-166
instalación de sellos 140-157
  condiciones problemáticas 238, -239
  engrasado en la instalación inicial 190
  en soportes de pie 133-139
Instituto de mantenimiento de la confiabilidad SKF 326-327
intervalos de cambio de aceite 209
intervalos de relubricación 192-195
  resolución de problemas 236, 245-246
inyectores de aceite 72
ISO
  clases de tolerancia 35
  clasificación de la contaminación 212
  clasificación de los daños en los rodamientos 298
  grados de tolerancia 385
  grados de viscosidad 203, 415
  series de dimensiones 22–-23
jabón de calcio 185
jabón de litio 185
jabones 183, 185
jabones complejos 183
juego axial interno 29 51
  condiciones problemáticas 248
  valores para rodamientos de bolas de contacto angular 389-391
  valores para rodamientos de rodillos cilíndricos 394-395
  valores para rodamientos de rodillos cónicos 396
juego *Consulte* juego interno
juego inicial 29
juego interno
  antes y después del montaje 29, 51
  consideraciones para la selección del ajuste 33
  inicial 29, 51
  medición con una galga 52
  operativo 29
  resolución de problemas 233, 234, 239-242
  valores antes del montaje 388-401
  valores de reducción durante el montaje 403-404
  valores residuales después del montaje 403-404
juego radial interno 29, 51
  medición con una galga 52
  valores de reducción durante el montaje 403-404
  valores para rodamientos de agujas 393
  valores para rodamientos de bolas a rótula 392
  valores para rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto 391
  valores para rodamientos de bolas de contacto angular 389-390
  valores para rodamientos de rodillos a rótula 397-398
  valores para rodamientos de rodillos cilíndricos 393
  valores para rodamientos de rodillos toroidales CARB 399-400
  valores para rodamientos rígidos de bolas 388
  valores para rodamientos Y 401
  valores residuales después del montaje 403-404
Juntas tóricas 39

K
Kit de herramientas para montaje de rodamientos SKF
  para la instalación de sellos 146
  para montaje de rodamientos 72
Kit para análisis de grasas *Consulte* Kit para análisis de grasas SKF
Kit para análisis de grasas SKF 222

L
Labio de sellado SKF WAVE 143
Labio de sellado WAVE *Consulte* Labio de sellado SKF WAVE
labios auxiliares
  engrasado en la instalación inicial 149, 190
  tipos y diseños de sellos 143-145
labios de sellado
  de PTFE 146
  materiales 145
  orientación 146, 239
  tipos y diseños 143-145
latón
  compatibilidad con aditivos EP 202
  para chapas calibradas para maquinaria 163
lavados 29
limpieza
  rodamientos 226
  sellos 146
limpieza 28-29, 46-47
líquido de desmontaje 254
lista de sufijos
  para rodamientos 24 -25
  para sellos 145
  para soportes 127-128
  para unidades de rodamientos 96
llaves allen *Consulte* llaves hexagonales
llaves de gancho 102–103
llaves de par *Consulte* llaves hexagonales
llaves hexagonales 102
LuBase 189, 207
LubeSelect 189, 192, 207
lubricación 178-215
  condiciones problemáticas 236, -237
  gestión 180
  Herramientas y productos SKF 420-422
lubricación automática 197
lubricación con aceite 203-212
lubricación con grasa 183-202
lubricación por cantidades mínimas 214-215
lubricadores automáticos *Consulte* SKF SYSTEM 24
lubricante
  almacenamiento 42
  eliminación 181
  inspección 181, 222, 225
  manipulación 181
  selección 182
  vida útil 28
  vida útil 43
lubricante oxidado 226, 254
lubricantes compatibles con alimentos 209, 424
lubricante seco 182, -183
LubriLean *Consulte* SKF LubriLean

M
mancha de aceite *Consulte* aceite y aire
mandriles 146
manguitos antidesgaste 152-153
manguitos antidesgaste de gran diámetro 225
  instalación 152-153
manguitos de desmontaje
  desmontaje de rodamientos 264-267
  montaje de rodamientos (método de calado de rodamientos SKF Drive-up) 57 -61
  montaje de rodamientos (método de inyección de aceite) 62-66
manguitos de fijación
  desmontaje de rodamientos 260-264
  desmontaje de soportes con pestañas 282
  montaje de rodamientos (método de calado de rodamientos SKF Drive-up) 57 -61
  Montaje de rodamientos (método de inyección de aceite) 62-66
manguitos de montaje
  para el montaje de rodamientos de rodillos cilíndricos 81-84
  para la instalación de sellos 150
manguitos guía *Consulte* manguitos de montaje
manipulación
  daños en los rodamientos 305-306, 308
  lubricantes 181
  rodamientos 49–50
manómetros 56
mantenimiento correctivo *Consulte* mantenimiento reactivo
mantenimiento predictivo 218-219
mantenimiento preventivo 218-219
mantenimiento proactivo de la confiabilidad 219
mantenimiento reactivo 218-219
máquina fija 167-168
máquina móvil 167-169
máquinas de velocidad variable 223
máquinas herramienta
  lubricación 191, 215
  Servicios SKF 331
marco base *Consulte* marco base de la máquina
marco base de la máquina
  condición de la pata coja 162
  fundición de resina epoxi 165
martillos
  para la instalación de sellos 146
  para montaje de rodamientos 49
material compuesto *Consulte* poliamida
mecanizado in situ 330
mellas 298 -299
  causadas por prácticas de montaje defectuosas 305-306
  causadas por sellado ineficiente 316
  progreso de los daños en el rodamiento 211, 231
  resolución de problemas 245, 248
mellas *Consulte* mellas
método de calado de rodamientos SKF Drive-up 57-61
  herramientas 56-57
  tuercas hidráulicas 406-413
  valores de desplazamiento axial 406-413
  valores de presión de aceite 406-413
método de calado *Ver* Método de calado de rodamientos SKF Drive-up
método de inyección de aceite
  dimensiones para conductos, ranuras y orificios 405
  para el desmontaje de un rodamiento de un soporte macizo 268
  para el desmontaje de un rodamiento en un asiento de eje cilíndrico 258
  para el desmontaje de un rodamiento en un asiento de eje cónico 260
  para el desmontaje de un rodamiento en un manguito de desmontaje 266
  para el desmontaje de un rodamiento en un manguito de fijación 264
  para montaje de rodamientos 62 -66
método de la cara de la llanta 170-171
método de la llanta invertida 170-171
método de la regla
  para la alineación de accionamientos de desplazamiento 175
  para la alineación de ejes 170-171
  para la alineación de poleas 176-177
método de recuento automático de partículas 212
método de recuento con microscopio 212
metodologías de mantenimiento 218-219
métodos de alineación láser
  para la alineación de accionamientos de desplazamiento 175
  para la alineación de ejes 171-173
  para la alineación de poleas 176-177
métodos de fijación del eje 94–96
métodos de reloj comparador
  para ajustar rodamientos de bolas de contacto angular 74–77
  para ajustar rodamientos de rodillos cónicos 86-88
  para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up 58-61
  para la alineación de ejes 170-171
mezcla de grasas *Consulte* grasa, compatibilidad
microgrietas 299
  causadas por lubricación ineficiente 310
  causadas por la fatiga del material 309
micrómetros 47-49
modos de falla 298-299
momento de fricción 235
monitoreo de condición 216–224
  instrumentos SKF 432-434

lubricación 222
ruido 221
temperatura 221
monitoreo de las vibraciones 222-224
frecuencias de los defectos de los rodamientos 224
toma de medidas 223
Monoflex *Consulte* SKF Monoflex
montaje de rodamientos 44-91
condiciones problemáticas 240, 243, 245, 247
herramientas 72-73, 416-418
instrucciones por tipo de rodamiento 74-91
prácticas de montaje defectuosas 248-249, 305-306
preparativos 46-49
utilizando el método de calado de rodamientos SKF Drive-up 57-61
utilizando el método de inyección de aceite 62–-66
utilizando métodos mecánicos 53-56
utilizando SensorMount 67
montaje de soportes 122-139
piezas de recambio 124-129
preparativos 130
soportes de pie 134-136
soportes de pie (SONL) 137-139
montaje de unidades de rodamientos 92-121
con anillo de fijación cilíndrico 119-120
con anillo de fijación excéntrico 106-108
con fijación con prisionero 104-106
con fijación SKF ConCentra 111-118
con un manguito de fijación 109-110
herramientas 102-103
piezas de recambio 94-100
preparativos 101
valores de par de apriete 102-103
montaje de unidades de rodamientos de bolas 121
montaje en caliente 68-71
montaje en frío 53-67
movimiento del eje 234
muelles toroidales
condiciones problemáticas 237
tipos y diseños de sellos 143-145
Multiflex *Consulte* SKF Multiflex

N

NBR *Consulte* cauchos de acrilonitrilo-butadieno
niveladores de acero ajustables *Consulte* Elementos SKF Vibra-con SM
niveles de burbuja
para la alineación de ejes 170
para la alineación de poleas 176
no jabonosos 183
número de serie
en los rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto 78
en los rodamientos de cuatro hileras de rodillos cilíndricos 82
en los rodamientos de cuatro hileras de rodillos cónicos 89
en soportes de pie 27

O

ondulaciones 322
orificios cruzados 150, 152
orificios de escape *Consulte* orificios de escape de grasa
orificios de escape de grasa 196, 199
oxidación
de grasa 187
prevención 81, 185, 203
que genera corrosión 299
óxido
causado por asientos defectuosos 302
causado por sellado ineficiente 317-318
resolución de problemas 246

P

paneles calefactores 71
papel abrasivo 226
parada
daños por corrosión por humedad 317-318
daños por vibraciones 319
daños por voltaje excesivo 307
par de apriete 166
valores de los pernos de tapa 131
valores para pernos/tuercas de fijación 105, 131
valores para unidades de rodamientos 102-103
pata angulada *Consulte* pata coja
pata coja 162
pata corta *Consulte* pata coja
patrones de trayectoria 291-297
película de lubricante
capacidad de carga 184, 200
formación 204
pernos de tapa 131
pernos/tuercas de fijación
compensación de pata coja 162
para soportes 131
para unidades de rodamientos 101, 105
perpendicularidad 36, 386
pestañas de centrado 84, -85
piezas de recambio
para sellos 142-145
para soportes 124-129
para unidades de rodamientos 94-100
pintura
en superficies de apoyo 130, 161, 165
protección de los sellos 150
placas de protección 40
placas eléctricas de calentamiento, 68
placas extractoras 260
Planificador de lubricación SKF 180
Poliamida
compatibilidad con aditivos EP 202
soportes de unidad de rodamiento 100
poliurea 183
precarga
operativa 29, 51
resolución de problemas 240-245
valores para rodamientos de bolas de contacto angular 389
precisión de forma 35-36
tolerancias de los asientos de los rodamientos 386
tolerancias para ejes (montaje con manguito) 384
precisión de funcionamiento 35-36
tolerancias de los asientos de los rodamientos 386
tolerancias para ejes (montaje con manguito) 384
prensas
para desmontaje de rodamientos 258, 267
para la instalación de sellos 146
para montaje de rodamientos 53
presa de espuma 165
presión de aceite
cálculo para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up 58
valores del método de calado de rodamientos SKF Drive-up 406 -413
ProFlex *Consulte* SKF ProFlex
prueba de corrosión del cobre 188
prueba de crepitación 211
prueba de funcionamiento 174
prueba de protección contra la corrosión 188
PTFE
a altas temperaturas 142
compatibilidad 202
sellos radiales del eje 143, 146, 150
sufijo de designación para los sellos 145
puesta en marcha
de rodamientos lubricados con aceite 207
de rodamientos lubricados con grasa 186-187, 190-191
punto de goteo 185
prueba de rendimiento de la grasa 188
punzonamiento 308
punzones
para la instalación de sellos 148
para montaje de unidades de rodamientos 107-108
purga
condiciones problemáticas 239
durante la relubricación 196
durante la renovación 199

R
radiadores *Consulte* radiadores infrarrojos
radiadores infrarrojos 70
ranura SKF Springlock 144-145
reacondicionamiento 331
Reconstructores de motores eléctricos certificados por SKF 331
recuento de partículas 212
reducción del juego 54–55
  valores para rodamientos de rodillos a rótula 403
  valores para rodamientos de rodillos toroidales CARB 404
refabricación 331
reglas de senos 47
relación de viscosidad 204
relaciones de carga 187
relojes comparadores 56
relubricación 192-198
  de los rodamientos sellados 90, 192
  efecto en la temperatura 221
relubricación continua 195, 197
renovación 198-199
reparación de ejes 152-154
reposición 195-196
resaltes
  condiciones problemáticas 237, 251
  dimensiones 38
  requisitos de precisión 35 -36, 386
resina epoxi
  para la alineación de máquinas 165
  para la reparación de ejes 152
resolución de problemas 228-251
revisión de la estrategia de mantenimiento 328-330
RMI *Consulte* Instituto de mantenimiento de la confiabilidad SKF
rodaje 191
rodamientos
  almacenamiento 41, 230
  categorías de tamaños 46
  desmontaje 254-269
  engrasado en la instalación inicial 189-191
  frecuencias de defectos 224
  identificación 26,-27
  inspección 225–-226
  manipulación 49–50
  montaje 44-91
  relubricación 194-198
  sistema de designación 22-25
  terminología 10
  tipos y diseños 12-21
rodamientos axiales 18-19
rodamientos *Consulte* rodamientos
rodamientos de agujas
  desmontaje 255, 258
  montaje 80-81
  tipos y diseños 15-16
  valores de juego radial interno 393
rodamientos de alta precisión
  engrasado en la instalación inicial 191
  tipos y diseños 12, 18
rodamientos de bolas a rótula
  ángulos de apriete de la tuerca de fijación 402
  engrasado en la instalación inicial 191
  montaje 79-80
  montaje (método de calado de rodamientos SKF Drive-up) 57 -61
  montaje (método de inyección de aceite) 62-66
  tipos y diseños 13
  valores de calado axial 402
  valores de juego radial interno 392
  Valores del método de calado de rodamientos SKF Drive-up 392
rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto
  condiciones problemáticas 244
  diseños 13
  montaje 78
  valores de juego axial interno 391
rodamientos de bolas de contacto angular
  ajuste de las disposiciones cara a cara 74-75
  ajuste de las disposiciones espalda con espalda 76-77
  con aro interior de dos piezas 78
  condiciones problemáticas 243, 245, 247
  engrasado en la instalación inicial 191
  montaje 74-78
  rodamientos autónomos 74
  rodamientos para emparejamiento universal 76
  tipos y diseños 12-13
  valores de juego axial interno 389
  valores de precarga axial 389
rodamientos de cuatro hileras de rodillos cilíndricos
  diseños 14
  montaje 82-84
rodamientos de cuatro hileras de rodillos cónicos
  diseños 17
  montaje 89
rodamientos de cuello de cilindro 259
rodamientos de dos hileras de bolas de contacto angular
  diseños 12
  montaje 78
  valores de juego axial interno 390
rodamientos de dos hileras de rodillos cónicos
  diseños 17
  montaje 89
rodamientos de inserción *Consulte* rodamientos Y
rodamientos del horno 182
rodamientos de rodillos a rótula
  ángulos de apriete de la tuerca de fijación 403
  diseños 17
  montaje 90
  montaje (método de calado de rodamientos SKF Drive-up) 57 -61
  montaje (método de inyección de aceite) 62-66
  valores de calado axial 403
  valores de juego radial interno 397-398
  valores del método de calado de rodamientos SKF Drive-up 407-411
  valores de reducción del juego 403
rodamientos de rodillos cilíndricos
  desmontaje 258-259
  engrasado en la instalación inicial 191
  fijación axial 37
  montaje 80-84
  tipos y diseños 13-14
  valores de juego radial interno 393
  valores de juego radial interno 394–395
rodamientos de rodillos cónicos
  ajuste de las disposiciones cara a cara 84-85
  ajuste de las disposiciones espalda con espalda 86-88
  condiciones problemáticas 245
  engrasado en la instalación inicial 191
  montaje 84-89
  tipos y diseños 16-17
  valores de juego axial interno 396
Rodamientos de rodillos toroidales CARB
  ángulos de apriete de la tuerca de fijación 404
  condiciones problemáticas 240
  dimensiones de los resaltes 38
  engrasado en la instalación inicial 191
  en soportes de pie 132
  fijación axial 37
  montaje 90-91
  montaje (método de calado de rodamientos SKF Drive-up) 57 -61
  montaje (método de inyección de aceite) 62-66
  tipos y diseños 17
  valores de calado axial 404
  valores de juego radial interno 399-400
  valores del método de calado de rodamientos SKF Drive-up 412-413
  valores de reducción del juego 404
rodamientos desmontables
  engrasado en la instalación inicial 190
  montaje 80
rodamientos de superprecisión
  engrasado en la instalación inicial 191
  tipos y diseños 12, 18
rodamientos de varias hileras de rodillos cónicos *Consulte* rodamientos de cuatro hileras de rodillos cónicos
rodamientos no desmontables 190

rodamientos para emparejamiento universal
montaje 76
valores de juego axial interno 389
valores de precarga axial 389
rodamientos radiales 12-17
rodamientos rígidos de bolas
engrasado en la instalación inicial 191
sellos integrales para rodamientos 40
tipos y diseños 12
valores de juego radial interno 388
rodamientos sellados 40
calentamiento 68
condiciones problemáticas 238
lavado 189
relubricación 192
rodamientos de bolas a rótula 79
rodamientos de rodillos a rótula 90
rodamientos rígidos de bolas 40
vida útil 41
Rodamientos Y
montaje 121
tipos y diseños 21
valores de juego radial interno 401
roldanas 19-20
rozamiento 233
rugosidad superficial 36
valores medios 387
ruido
monitoreo de condición 221
resolución de problemas 233

S

sellantes
para evitar fugas de aceite 137
para instalar sellos 148, 152
sellos
condiciones problemáticas 233, 235
desmontaje 284 -286
instalación 140-157
para soportes 128-129
para unidades de rodamientos 96
sellos externos 39
sellos integrales para rodamientos 40
sellos radiales del eje 143, -145
terminología 11
vida útil 28
vida útil 42
sellos de anillo en V
desmontaje 286
instalación en soportes de pie 135
instalación sobre un eje 157
sellos de cuatro labios
engrasado en la instalación inicial 190
reposición de grasa 196
sellos de doble labio
engrasado en la instalación inicial 149, 190
reposición de grasa 196
sellos de dos piezas 133, 154-155
sellos de fieltro 238
sellos de taconita 128-129
sellos elastoméricos
almacenamiento 42
instalación 140-157
sellos externos 39
condiciones problemáticas 238
sellos integrales
condiciones problemáticas 237–238, 251
para rodamientos 40
para unidades de rodamientos 96
sellos laberínticos 39
condiciones problemáticas 238
engrasado en la instalación inicial 190
instalación en soportes de pie 136
reposición de grasa 196
sellos no rozantes
desmontaje 284
sellos externos 39
sellos integrales para rodamientos 40
sellos radiales del eje
instalación en un soporte 146-149
instalación sobre un eje 150
limpieza 146
sustitución 151
tipos y diseños 143-145
sellos rozantes
condiciones problemáticas 238
desmontaje 284 -286
sellos externos 39
sellos integrales para rodamientos 40
sellos sólidos
instalación 133, 149
tipos y diseños 144-145
SensorMount 67
separación de aceite 181, 184, 187
ajuste del intervalo de relubricación 205
prueba de rendimiento de la grasa 188
separación de aceite *Consulte* separación de aceite
separadores laterales 144
series de diámetros 22–23
Servicio de monitoreo de energía SKF 329-330
servicios de mantenimiento mecánico 330
servicios de reacondicionamiento de husillos 331
sin equilibrio *Consulte* desequilibrio
sistemas de lubricación
aceite 207-209
centralizada 213-215
sistemas de lubricación a pérdida total 214
sistemas de lubricación centralizada 213–215
sistemas de lubricación por aceite 207-209
SKF CircOil 215
SKF Duoflex 215
SKF Duralife 145
SKF Duralip 145
SKF LubriLean 215
SKF Monoflex 215
SKF Multiflex 215
SKF Oil+Air 215
SKF ProFlex 215
SKF @ptitude Decision Support 327
SKF @ptitude Exchange 327
SKF SPEEDI-SLEEVE 225
instalación 152-153
SKF Springcover 144-145
SKF SYSTEM 24 198-199
sobrecalentamiento 233
sobrecarga 298-299
causada por prácticas de montaje defectuosas 305
causada por un transporte o almacenamiento incorrectos 308
Socios de mantenimiento certificados por SKF 331
soldadura 172
solid oil 182-183
soluciones de mantenimiento integradas 329
solventes
manipulación 225
para la limpieza de rodamientos 224
tipos 254
sondas ultrasónicas 221
soporte de pie *Consulte* soporte de pie
soportes
desmontaje 278-283
engrasado en la instalación inicial 190
identificación 27
montaje 122-139
terminología 11
tipos y diseños 125-127
soportes con pestañas
desmontaje 282-283
tipos y diseños 125-126
soportes de pie
desmontaje 280-281
montaje de soportes SNL 134-136
montaje de soportes SONL 137-139
tipos y diseños 125-126
soportes de pie
desmontaje 270-277
montaje 104-120

tipos y diseños 96-100
soportes de pie de una pieza 126
soportes de pie dos piezas *Consulte* soportes de pie
soportes para rodamientos *Consulte* soportes
Soportes SNL *Consulte* soportes de pie
Soportes SONL *Consulte* soportes de pie
soportes tensores 125-126
sostenibilidad 329-330
SPEEDI-SLEEVE *Consulte* SKF SPEEDI-SLEEVE
Springcover *Consulte* SKF Springcover
sujeción ovalada *Consulte* error de redondez
superficie de contacto de sellos 142
inspección 226–-227
reparación 151-154
requisitos 146
superficies de apoyo
para soportes 130
para unidades de rodamientos 101
SYSTEM 24 *Consulte* SKF SYSTEM 24

T
tabla de conversión de unidades 437
tablas de tolerancias
desviaciones modificadas para rodamientos (en pulgadas) 382-383
para ejes (en pulgadas) 360-371
para ejes (métricos) 338-349
para ejes (montaje con manguito) 384
para soportes (en pulgadas) 372-381
para soportes (métricos) 350-359
tapas laterales 133
tapones *Consulte* tapas laterales
Tarjetas de concientización para el taller 330
temperatura
ambiente 161
condiciones problemáticas 233
funcionamiento 186-187
monitoreo de condición 221
referencia 203
temperatura ambiente
consideraciones para la alineación de la máquina 161
consideraciones para la relubricación 195-196
temperatura de funcionamiento
ajuste del intervalo de relubricación 195
de grasa 186-187
de los rodamientos 187, 204
monitoreo de condición 221
resolución de problemas 190, 202, 233
temperatura de referencia 203
tensores
desmontaje 270-277
montaje 104-120
tensores de pernos 166
terminología 10-11
termómetros 221
tornillo de fijación *Consulte* prisionero
tuercas almenadas 88
tuercas hidráulicas
para desmontaje de rodamientos 262, 266
para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up 56, 406–413
series y diseños 73
tuercas HMV.. *Consulte* tuercas hidráulicas

U
ubicación cruzada *Consulte* disposiciones de rodamientos ajustadas
ubicación del rodamiento 31–38
unidades con pestañas 100
desmontaje 270-277
montaje 104-120
tipos y diseños 96-100
unidades *Consulte* unidades de rodamientos
unidades de rodamientos
almacenamiento 41
designaciones 96, 100
desmontaje 270-277
identificación 27
métodos de fijación del eje 94–96
montaje 92-121
tipos y diseños 96-100
unidades de rodamientos de bolas
designación - 96, 100
desmontaje 272-275
métodos de fijación del eje 94–96
montaje 104-114
montaje 121
tipos y diseños 96-100
Unidades de rodamientos de bolas SKF ConCentra
desmontaje 275
montaje 111-114
unidades de rodamientos de rodillos
designaciones 96, 100
desmontaje 276-277
métodos de fijación del eje 94–96
montaje 114-120
tipos y diseños 96-100
Unidades de rodamientos de rodillos SKF ConCentra
desmontaje 276-277
montaje 114-118
Unidades de rodamientos Y *Consulte* unidades de rodamientos

V
valuación del filtro 212
varillas guía 81
vibración
ajuste del intervalo de relubricación 195
daños por vibrocorrosión 308, 319
prueba de rendimiento de la grasa 188
resolución de problemas 234
vibrocorrosión 298, -299
causada por la vibración 319
causada por un transporte o almacenamiento incorrectos 308
vida nominal 27-28
vida nominal básica 27
vida nominal SKF 27-28
vida útil
de los lubricantes 43
de los rodamientos 41
de los sellos elastoméricos 42
vida útil 28–29
factores que influyen 230-231
vida útil *Consulte* vida útil del rodamiento
vida útil del rodamiento
vida nominal 27-28
vida útil 28–29
viscosidad
cálculo 204, -206
condiciones problemáticas 246, 249
de aceite 203
del aceite base en la grasa 185
equivalentes 414
viscosidad cinemática *Consulte* viscosidad
voltaje 307

X
XNBR *Consulte* cauchos de acrilonitrilo-butadieno

Z
zonas de carga 292-297



PUB SR/P7 10001/1 ES · Septiembre 2011
ISBN 978-91-978966-4-1

www.skf.com