



FAG



Rodamientos

Rodamientos a bolas

Rodamientos de rodillos

Rodamientos de agujas

Rodillos-guía

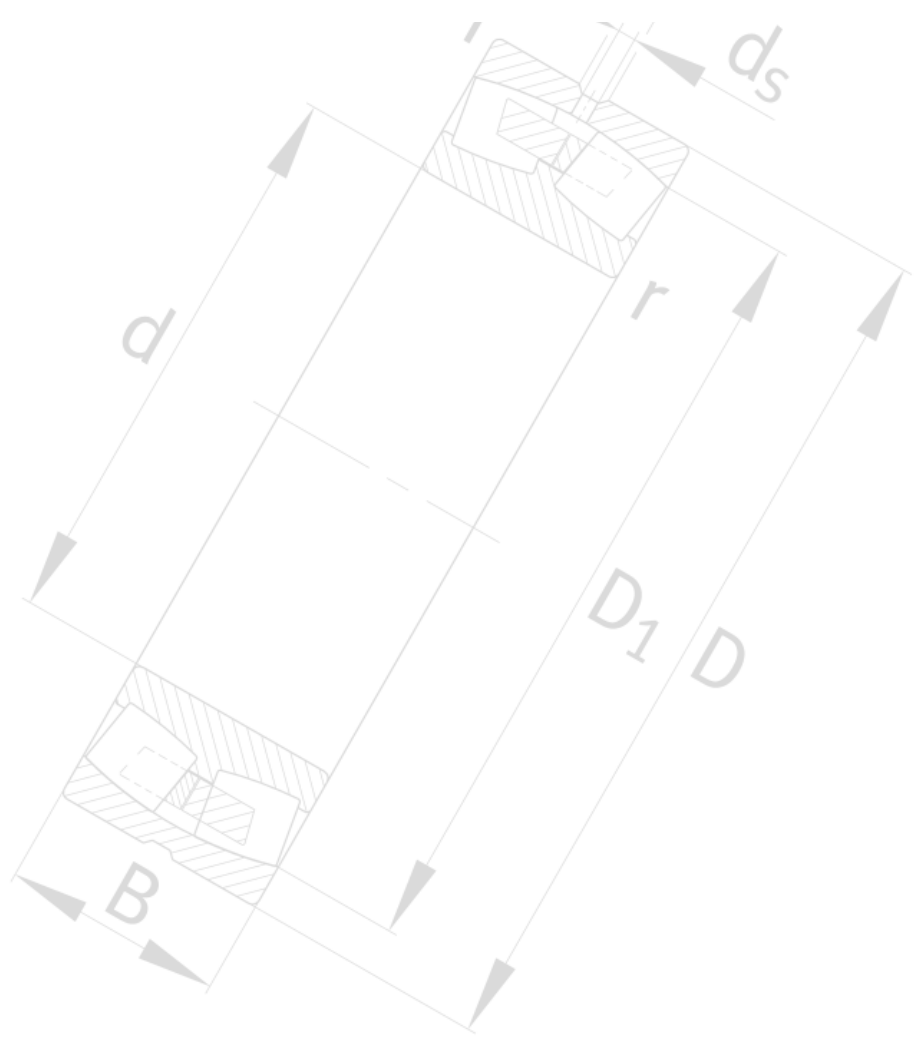
Rodamientos para husillos roscados

Rodamientos autoalineables, soportes

Soportes para rodamientos

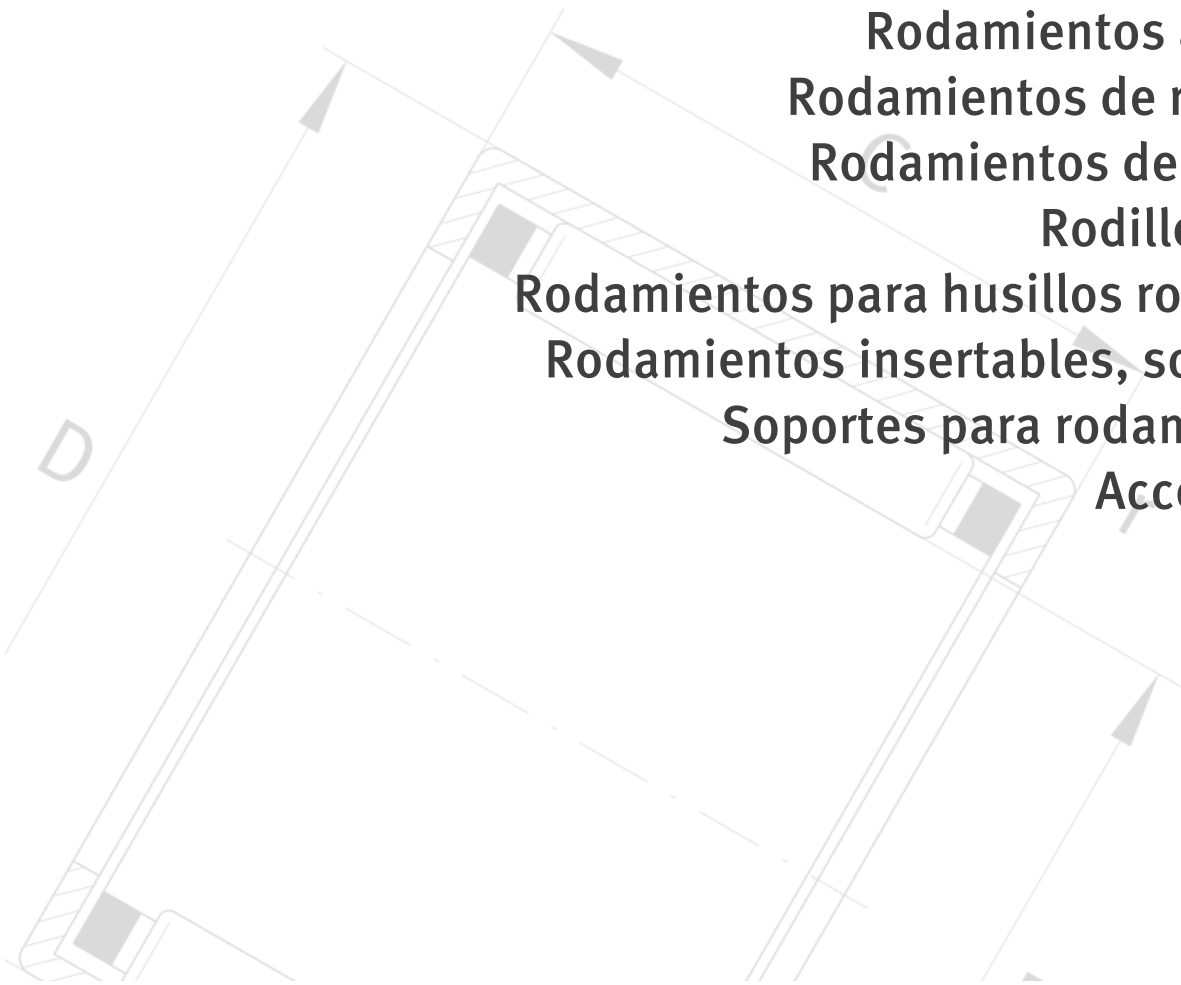
Accesorios

SCHAEFFLER



Rodamientos

- Rodamientos a bolas
- Rodamientos de rodillos
- Rodamientos de agujas
- Rodillos-guía
- Rodamientos para husillos roscados
- Rodamientos insertables, soportes
- Soportes para rodamientos
- Accesorios



Todos los datos se han confeccionado y analizado cuidadosamente. Sin embargo, no nos hacemos responsables de posibles datos erróneos o incompletos.

Nos reservamos el derecho a efectuar modificaciones técnicas.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Edición: 2014, Abril

La reproducción, total o parcial, está prohibida sin la autorización del propietario.

Preámbulo

Schaeffler Technologies

Schaeffler Technologies con sus marcas INA y FAG es uno de los proveedores líder a nivel mundial de rodamientos, rótulas, casquillos de fricción, productos lineales y accesorios para rodamientos, así como de una amplia gama de productos y servicios. Con los, aproximadamente, 40 000 productos de catálogo fabricados en serie, el grupo dispone de una gama de productos especialmente amplia, que cubre con seguridad las aplicaciones en unos 60 sectores industriales.

Los factores centrales de este éxito son nuestra marcada fuerza innovadora, la proximidad al cliente a escala mundial, los procesos de fabricación altamente desarrollados y las especificaciones de calidad exigentes en todos los procesos, así como la capacidad de convertir los requisitos especiales del cliente en soluciones económicas. Gracias a esta competencia, nuestro conocimiento y nuestra experiencia, así como a nuestra amplia gama de productos de catálogo, somos un partner fuerte y orientado al cliente.

Investigación y desarrollo

Como empresa orientada al futuro trabajamos, sobre todo y de forma intensa, en la investigación y el desarrollo. Las áreas principales son, además de la investigación tecnológica fundamental, la técnica de materiales, la tribología, el cálculo y también los amplios procesos de prueba y ensayo, así como las optimizaciones en la tecnología de producción. Ello garantiza el desarrollo, la mejora y la aplicación permanente de nuestros productos, también a largo plazo.

Realizamos la investigación y el desarrollo a escala mundial. Nuestros centros de desarrollo están interconectados a nivel mundial y, de este modo, pueden intercambiar rápidamente informaciones actuales, acceder y transferir los datos más recientes. Con ello disponemos de un estado de conocimientos e informaciones homogéneo a escala mundial.

Cooperamos estrechamente con nuestros clientes, no sólo en el perfeccionamiento constante de nuestros productos estándar, sino también en la investigación y el desarrollo, cuando éstos necesitan unas soluciones especiales. De este modo, obtienen el mejor producto para la aplicación deseada, con la máxima capacidad de rendimiento y a un precio económico.

Calidad Tecnología de fabricación Protección del medio ambiente

“Cero defectos” es nuestro objetivo de calidad. Adaptamos todos los procesos a este objetivo. Asimismo, la larga experiencia en la conformación de piezas, en el forjado, en el tratamiento térmico, en la técnica de tratamientos superficiales, en el rectificado, en el lapeado y en el montaje, garantiza la calidad requerida de los productos.

Los continuos controles de calidad forman parte del proceso de fabricación. Dichos controles están directamente integrados en el proceso de fabricación, como ciclo de control. Con ello garantizamos que todos los artículos tengan siempre un alto y constante nivel de calidad.

Nuestra calidad en los productos y en los procesos está certificada; por ejemplo, todas las plantas de producción están certificadas según DIN-EN ISO 9001:2000, ISO/TS 16 949:2002.

Somos precursores en la protección del medio ambiente gracias a la validación y certificación de nuestras fábricas. Todas las plantas de producción más grandes no sólo están certificadas según ISO 14001, sino también según el sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), más estricto.

Preámbulo

Presencia a escala mundial

Estamos representados en todo el mundo gracias a una tupida red de plantas de desarrollo y producción, empresas de venta y estructuras internacionales de distribuidores. Esta presencia a escala mundial garantiza la conexión entre los grandes mercados de Europa, India, el sudeste asiático y Pacífico, el este asiático, Norteamérica y Sudamérica. De esta manera, estamos directamente in situ y próximos al cliente para proporcionar servicio y asesoramiento.

Recibimos pedidos procedentes de todo el mundo y los entregamos a nivel mundial. Adicionalmente, damos soporte a la hora de solucionar cuestiones relacionadas con los rodamientos, contestamos preguntas técnicas y elaboramos in situ y en estrecha colaboración con nuestros clientes, las soluciones de rodamientos más adecuadas y orientadas a cada aplicación concreta.

Rodamientos – Catálogo HR 1 El manual técnico

El catálogo HR 1 describe los rodamientos necesarios, según DIN ISO, para los fabricantes originales de equipos, los distribuidores y el mercado de recambios, los accesorios específicos para rodamientos así como otros tipos de rodamientos y variantes de ejecución.

Muestra los productos más apropiados para unas rodaduras concretas, los datos que se deben tener en cuenta para el dimensionado, las tolerancias necesarias para la construcción anexa y qué tipo de obturaciones son las más adecuadas para la rodadura. Informa detalladamente sobre el cálculo de la duración de vida de los rodamientos, sobre las temperaturas y las cargas, sobre los lubricantes más apropiados para la rodadura y, naturalmente, sobre el correcto montaje y mantenimiento de los productos.

Los datos en este catálogo corresponden al estado actual de la técnica y de la fabricación de agosto de 2008. Tienen en cuenta no sólo los progresos alcanzados en la técnica de los rodamientos, sino también las experiencias acumuladas en múltiples aplicaciones. Por lo tanto, los datos indicados en catálogos y publicaciones anteriores que ya no coincidan con los datos del presente catálogo, no son válidos.

Es necesaria una nueva edición

De la primera edición, publicada en el año 2006 se distribuyeron hasta el día de hoy más de 140 000 ejemplares. Este dato muestra de forma significativa la importancia del catálogo como instrumento fundamental de información y de asesoramiento para todas las preguntas técnicas relacionadas con la extensa área de los rodamientos rotativos. Con ello se ha convertido, a nivel mundial y en un corto período de tiempo, en un importante manual y en un compendio técnico para calcular y dimensionar toda clase de rodamientos.

Debido al rápido desarrollo de la tecnología de los rodamientos, ha sido necesario editar una nueva versión del catálogo, revisada y ampliada. A continuación se describe de forma resumida una parte de las novedades más importantes e interesantes.

Los correspondientes capítulos del catálogo contienen informaciones complementarias.

Principales novedades

- | | |
|--------------------------------------|--|
| Fundamentos técnicos | <ul style="list-style-type: none">■ Cálculo actualizado de la duración de vida; duración de vida modificada y ampliada, según DIN 281, con nuevos valores para a_1, coef. de durac. de vida a_{ISO} en lugar de a_{DIN}■ Se tiene en cuenta el cálculo afinado de la capacidad de carga axial de los rodamientos de rodillos cilíndricos y de los rodamientos de la ejecución-TB■ Datos de rendimientos de los productos como parte del nuevo cálculo (capacidades de carga, carga límite de fatiga, velocidades límite, velocidades de referencia). |
| Rozamiento y temperatura | <ul style="list-style-type: none">■ Coeficientes de tipo de rodamiento actualizados para rodam. de rodillos cónicos y rodam. oscilantes de rodillos■ Nuevo diagrama con coeficientes de tipo de rodamiento f_2 para rodamientos en ejecución-TB. |
| Lubricación | <ul style="list-style-type: none">■ Vista general actualizada de las grasas lubricantes utilizables. |
| Datos de los rodamientos | <ul style="list-style-type: none">■ Se ha añadido el juego radial■ El acero de alto rendimiento Cronitect ha sido añadido■ Tolerancias dimensionales y de rotación: Se han incluido las dimensiones de los rodamientos de rodillos cónicos■ Valores límite actualizados de las distancias a los cantos |
| Mecanizado y ejecución de los apoyos | <ul style="list-style-type: none">■ Se ha incluido una tabla de valores orientativos para la rugosidad superficial de los asientos de los rodamientos■ Se han integrado los límites para el diámetro del círculo inscrito (campo de tolerancia F6, F8)■ Se han incluido los valores de las tolerancias básicas ISO (calidades IT) según DIN ISO 286-1:1988■ Pistas de rodadura para rodamientos sin anillo: Profundidad de temple SHD (en lugar de Rht)■ La conservación de los rodamientos ha sido revisada■ Grasa para rodamientos Arcanol actualizada. |
| Productos | <ul style="list-style-type: none">■ Se han integrado otros tamaños de rodamientos de rodillos cilíndricos, de rodillos cónicos, oscilantes de rodillos y axiales oscilantes de rodillos, en calidad X-life■ Rodamientos rígidos a bolas: Ya no se han descrito los rodamientos con protección anticorrosiva, ver ahora la publicación TPI 64; se ha añadido el juego radial; se han incluido los tamaños complementarios de las series 618, 619 y 64■ Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras: Han sido añadidos los rodamientos obturados 32..-B y 33..-B■ Rodamientos para husillos: El apartado Carga dinámica equivalente es sustituido por el apartado Duración en servicio; tolerancias de rodamientos actualizadas■ Rodam. con cuatro puntos de contacto: juego rad. C4 incluido■ Rodamientos de rodillos cilíndricos: Se ha incluido un nuevo capítulo; se han integrado las series NU4 y NJ4; se ha añadido la nueva ejecución TB sin jaula, con mayor capac. de carga axial■ Rodamientos de rodillos cilíndricos de superprecisión: El apartado Carga dinámica equivalente es sustituido por el apartado Duración en servicio; las tolerancias de ejes y alojamientos han sido incluidas |

Preámbulo

- Rodam. de rodillos cónicos: Se ha añadido la ejecución X-life para los rodam. de la serie T7FC; rodam. abiertos (también ajustados en grupos), los rodam. obturados JKOS; la gama de rodam. con medidas en pulgadas se ha ampliado
 - Rodam. oscilantes de rodillos: Ejecución X-life E1 con jaula de chapa de acero, también para las series 240 y 241; nueva ejecución para cribas vibratorias T41D (sustituye a T41A)
 - Casquillos de agujas, casquillos de agujas con fondo: Carga radial mínima incluida; se han añadido los anillos interiores utilizables para casquillos de agujas sin jaula
 - Rodamientos de agujas: Descripciones y medidas de montaje adaptadas; valores también adaptados de la rugosidad para la mecanización del eje, para rodamientos sin anillo interior
 - Casquillos de marcha libre: Nuevo cálculo del espesor mínimo de pared para alojamientos metálicos y de plástico; tolerancias (redondez y paralelismo) adaptadas para los ejes
 - Rodam. a bolas de cont. ang. El apartado Carga dinámica equivalente es sustituido por Duración en servicio
 - Rodamientos axiales oscilantes de rodillos: La ejecución X-life E1 con jaula de chapa de acero sustituye en las series 293 y 294 a la ejecución E empleada hasta ahora
 - Rodamientos de precisión para cargas combinadas: Se han incluido los valores de rigidez para los elem. rodantes
 - Rodamientos insertables, soportes: Modificaciones en la grasa de los rodamientos con sufijo FA101 y de las series GE..KLL-B y GLB..-KRR-B
 - Soportes para rodamientos: El diámetro exterior D consta ahora en todas las tablas
 - Elementos de fijación y de seguridad: Nuevas tuercas HMZ
 - Grasas para rodamientos Arcanol. Ha sido integrada la nueva grasa para rodamientos LOAD150; lista actualizada de envases; tabla actualizada de propiedades de las grasas.
- Otros productos del programa de suministro
- Programa por sectores
- Aparatos y servicios para el montaje y el mantenimiento: Nuevo dispositivo para el diagnóstico de las vibraciones.
 - Los rodamientos y componentes para la tecnología de fluidos (Fluid Technology) han sido añadidos; se han ampliado los rodamientos para las industrias alimentaria y de embalaje.

Nuevas señales de atención

El presente catálogo describe, esencialmente, los productos estándar. Puesto que estos productos se usan para muchas aplicaciones, no podemos valorar si un funcionamiento incorrecto puede causar daños a las personas o a los mecanismos.

Observar las indicaciones

Por regla general, es responsabilidad del diseñador y del usuario velar por el cumplimiento de todos los requisitos y por la comunicación de todas las informaciones e instrucciones de seguridad necesarias al cliente final. Ello se refiere, sobre todo, a aquellas aplicaciones en las que un fallo de producto o un funcionamiento incorrecto puedan causar daños personales.



¡Basándonos en ANSI 535.6-2006 hemos reemplazado la identificación antigua de ¡Atención! por un nuevo símbolo!
¡Si éste no se tiene en cuenta, se pueden producir daños o fallos de funcionamiento en el producto o en las construcciones anexas!

X-life
**Máximas ventajas
para el cliente**

X-life es la marca de calidad conjunta de Schaeffler Group Industrial. Suma las ventajas de ambas marcas y abre perspectivas de diseño completamente nuevas a los ingenieros de desarrollo.

X-life es un concepto de soluciones globales: El asesoramiento, el desarrollo de productos, el servicio y la venta están completamente enlazados en todas las fases del ciclo de vida del producto. En calidad de Service-Surround-System, X-life incluye también un concepto completo de lubricación. Asimismo, X-life es sinónimo del continuo crecimiento de calidad y la permanente orientación al cliente, a escala mundial.

**Ventajas de la calidad
de X-life**

Unas técnicas de fabricación muy modernas permiten obtener una superficie mejorada y más uniforme en toda la zona de contacto entre los elementos rodantes y las pistas de rodadura. Con ello se reduce, bajo carga constante, el estado de tensión en los elementos rodantes y las pistas de rodadura. La mejor calidad contribuye a una reducción del rozamiento y a unas temperaturas de funcionamiento más bajas, la resistencia de rodadura y el rendimiento exigido al lubricante son menores.

El resultado de estas mejoras es que las capacidades de carga dinámica son claramente superiores a las de la ejecución anterior. Con ello aumenta la duración de vida nominal, es decir, la duración en servicio de los rodamientos es considerablemente superior, en igualdad de condiciones de funcionamiento. Por otro lado, se permiten cargas más elevadas con los valores de duración de vida convencionales.

Gracias a sus propiedades optimizadas, los rodamientos X-life permiten unas perspectivas de aplicación completamente nuevas, por ejemplo, una reducción del tamaño del rodamiento.

Gracias a la mejor relación calidad-precio, aumenta también la rentabilidad total del rodamiento.

Los rodamientos en ejecución X-life están descritos en las características de producto e identificados en las tablas de medidas con las siglas XL.

**Programas especiales
para los sectores**

Disponemos de unos programas de productos especiales para determinados sectores. Además de productos normalizados, estos programas contienen un gran número de soluciones especiales. La gama de productos abarca desde rodamientos sencillos y adaptados a la aplicación, pasando por sistemas completos y listos para el montaje, hasta soluciones especiales que permiten cumplir unos requisitos técnicos muy complejos del rodamiento, garantizando al mismo tiempo el funcionamiento seguro y la rentabilidad del mismo.

Contacte lo antes posible con nuestros técnicos comerciales para aprovechar para su tarea los amplios conocimientos y la larga experiencia de nuestros especialistas.

Preámbulo

medias[®] professional **Sistema electrónico** **de consulta**

medias[®] professional, el acreditado sistema de consulta, selección de productos y asesoramiento, contiene los productos del catálogo INA-FAG en formato electrónico. Nuestros clientes obtienen aquí, igual que en el catálogo impreso, las informaciones sobre los productos de ambas marcas, de una sola fuente de datos. Ello ahorra tiempo y facilita la manipulación.

medias[®] professional está disponible online en varios idiomas, es fácil de navegar y es especialmente explicativo y comprensible, gracias a sus muchas figuras, gráficos y modelos. Además, contiene ejemplos de aplicación, estructurados según sectores.

Es posible editar las hojas de datos de las series de rodamientos como archivo .pdf. Hay una base de datos para lubricantes y el enlace web2CAD, para la descarga directa y la integración de los modelos 3D.

medias[®] professional considera el rodamiento individual. El programa de cálculo BEARINX[®] sirve para considerar el eje completo y las posibles influencias en el rodamiento derivadas de su deformación. Cabe la posibilidad de poner este programa a disposición de los clientes directos como BEARINX[®]-Online a través de Internet (puede consultar las condiciones en la página Web de INA y FAG).

En resumen, **medias[®] professional** es una amplia y fiable herramienta de apoyo para la autoayuda, que responde a muchas preguntas sobre la técnica de los rodamientos, de forma electrónica, con rapidez e independientemente de la ubicación del usuario.

Otras publicaciones técnicas

El presente catálogo contiene la mayor parte del programa principal de rodamientos rotativos de las marcas INA y FAG. Pero, además, desarrollamos y fabricamos un número muy superior de productos y sistemas interesantes para apoyos rotativos y lineales, que son técnicamente determinantes, así como también para el sector de la automoción. Para ellos, están disponibles documentos técnicos propios y específicos, que se pueden solicitar.

INA y FAG

Si se trata de un movimiento

El catálogo HR 1 es sinónimo de una técnica de rodamientos determinante, un asesoramiento orientado a la aplicación, un elevado nivel de producto y de rendimiento, así como de un desarrollo constante.

Sus ventajas son:

- Seleccionar los rodamientos a partir de un gran programa de productos
- Máximo beneficio, puesto que el producto más apropiado se monta en la posición óptima
- Disponibilidad de los productos a escala mundial
- Plazos de entrega reducidos
- Suministros a largo plazo
- Seguridad de planificación a largo plazo
- Almacenaje simplificado
- Precios acordes con el mercado
- Servicio a escala mundial
- Asesoramiento muy completo y orientado a la aplicación.

Juntos movemos el mundo

Para nosotros, el progreso tecnológico significa no pararse nunca. Cooperaremos en estrecha relación con ustedes para encontrar nuevas soluciones a fin de realizar, en su beneficio, sus proyectos y nuestras ideas técnicas.

Gracias a nuestros productos y a nuestro know-how, podremos enfrentarnos, también en el futuro y conjuntamente, a los retos de su mercado cuando se trata de rodamientos. Para ello, el catálogo es un instrumento importante.

Índice

| | Página |
|--|--------|
| Índice de series | 12 |
| Fundamentos técnicos..... | 34 |
| Programa de productos..... | 202 |
| Rodamientos rígidos a bolas | 204 |
| Rodamientos a bolas de contacto angular | 257 |
| Rodamientos para husillos..... | 302 |
| Rodamientos con cuatro puntos de contacto | 348 |
| Rodamientos oscilantes de bolas | 360 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos..... | 391 |
| Rodamientos de rodillos cónicos..... | 514 |
| Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos | 556 |
| Rodamientos oscilantes de rodillos | 572 |
| Coronas de agujas | 664 |
| Casquillos de agujas, casquillos de agujas con fondo..... | 680 |
| Rodamientos de agujas..... | 699 |
| Casquillos de marcha libre | 788 |
| Anillos obturadores..... | 804 |
| Programa de productos..... | 812 |
| Rodamientos axiales a bolas..... | 814 |
| Rodamientos axiales de bolas de contacto angular..... | 842 |
| Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, coronas axiales de rodillos cilíndricos, discos axiales..... | 856 |
| Coronas axiales de agujas, discos axiales, rodamientos axiales de agujas | 872 |
| Rodamientos axiales oscilantes de rodillos | 882 |
| Rodamientos de rodillos cruzados..... | 896 |
| Rodillos-guía | 923 |
| Rodamientos para husillos roscados | 1005 |
| Rodamientos de precisión para cargas combinadas..... | 1107 |
| Rodamientos insertables, soportes | 1155 |
| Soportes para rodamientos | 1320 |
| Elementos de fijación y de seguridad | 1450 |
| Elementos rodantes | 1507 |
| Grasas Arcanol para rodamientos..... | 1534 |
| Otros productos del programa de suministro..... | 1541 |
| Programa por sectores..... | 1602 |
| Direcciones | 1631 |

Índice de series

| | Página |
|-----------------|--|
| 10 | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cilíndrico 362 |
| 112 | Rodamientos oscilantes de bolas, con anillo interior ancho... 362 |
| 12 | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cilíndrico 362 |
| 12..-K | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cónico 362 |
| 12..-K + H | Rodamientos oscilantes de bolas, con manguito de fijación 362 |
| 13 | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cilíndrico 362 |
| 13..-K | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cónico 362 |
| 13..-K + H | Rodamientos oscilantes de bolas, con manguito de fijación 362 |
| 160 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 2..-KRR | Rodamientos rígidos a bolas con anillo interior ancho 1162 |
| 2..-NPP-B | Rodamientos a bolas insertables 1161 |
| 202 | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos, con agujero cilíndrico 558 |
| 202..-K | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos, con agujero cónico 558 |
| 202..-K + H | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos, con manguito de fijación 558 |
| 203 | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos, con agujero cilíndrico 558 |
| 203..-K | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos, con agujero cónico 558 |
| 203..-K + H | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos, con manguito de fijación 558 |
| 213..-E1 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 213..-E1-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 213..-E1-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 213..-E1-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 22 | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cilíndrico 362 |
| 22..-2RS | Rodamientos oscilantes de bolas, con obturaciones de labio 362 |
| 22..-K | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cónico 362 |
| 22..-K + H | Rodamientos oscilantes de bolas, con manguito de fijación 362 |
| 22..-K-2RS | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cónico y obturaciones de labio 362 |
| 22..-K-2RS + H | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cónico, obturaciones de labio y manguito de fijación 362 |

| | Página |
|--------------------|--|
| 222 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico..... 574 |
| 222..-E1 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico..... 574 |
| 222..-E1-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 222..-E1-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 222..-E1-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 222..-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 222..-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 222..-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 223 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 223..-E1 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 223..-E1-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 223..-E1-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 223..-E1-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 223..-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 223..-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 223..-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 23 | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cilíndrico..... 362 |
| 23..-2RS | Rodamientos oscilantes de bolas, con obturaciones de labio..... 362 |
| 23..-K | Rodamientos oscilantes de bolas, con agujero cónico..... 362 |
| 23..-K + H | Rodamientos oscilantes de bolas, con manguito de fijación..... 362 |
| 230 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 230..-E1(A) | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico..... 574 |
| 230..-E1(A)-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 230..-E1(A)-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 230..-E1(A)-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 230..-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 230..-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 230..-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |

Índice de series

| | Página |
|--------------------|--|
| 231 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 231..-E1(A) | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 231..-E1(A)-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 231..-E1(A)-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 231..-E1(A)-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 231..-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 231..-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 231..-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 232 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 232..-E1(A) | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 232..-E1(A)-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 232..-E1(A)-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 232..-E1(A)-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 232..-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 232..-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 232..-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 233..-A | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 2344 | Rodamientos axiales a bolas de contacto angular, de doble efecto 844 |
| 2347 | Rodamientos axiales de bolas de contacto angular, de doble efecto 844 |
| 239 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 239..-K | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 239..-K + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 239..-K + H | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de fijación 575 |
| 240 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 240..-E1 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico 574 |
| 240..-E1-K30 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 240..-E1-K30 + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 240..-K30 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico 574 |
| 240..-K30 + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |

| | Página |
|-------------------|--|
| 241 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico..... 574 |
| 241..-E1 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cilíndrico..... 574 |
| 241..-E1-K30 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 241..-E1-K30 + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 241..-K30 | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico..... 574 |
| 241..-K30 + AH | Rodamientos oscilantes de rodillos, con agujero cónico y manguito de desmontaje 575 |
| 292..-E | Rodam. axiales osc. de rodillos, ejec. reforzada 884 |
| 293..-E (E1) | Rodam. axiales osc. de rodillos, ejec. reforzada 884 |
| 294..-E (E1) | Rodam. axiales osc. de rodillos, ejec. reforzada 884 |
| 30..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras..... 282 |
| 30..-B-2RSR | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con obturaciones de labio..... 282 |
| 30..-B-2Z | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con tapas de protección..... 282 |
| 302 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 303 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 313 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 313..-N11CA | Rodamientos de rodillos cónicos, ajustados en parejas..... 516 |
| 32 | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras..... 282 |
| 32..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras..... 282 |
| 32..-B-2RSR | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con obturaciones de labio..... 282 |
| 32..-B-2Z | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con tapas de protección..... 282 |
| 320 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 322 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 323 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 323..-A | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera, construcción interna modificada 516 |
| 323..-B | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera, con ángulo de contacto aumentado 516 |
| 329 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 33 | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras..... 282 |
| 33..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras..... 282 |
| 33..-B-2RSR | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con obturaciones de labio..... 282 |
| 33..-B-2Z | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con tapas de protección..... 282 |
| 33..-DA | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con anillo interior partido..... 282 |
| 330 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 331 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |
| 332 | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera 516 |

Índice de series

| | Página |
|-------------|--|
| 38..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras..... 282 |
| 38..-B-2RSR | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con obturaciones de labio 282 |
| 38..-B-2Z | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con tapas de protección 282 |
| 42..-B | Rodamientos rígidos a bolas, de dos hileras..... 206 |
| 43..-B | Rodamientos rígidos a bolas, de dos hileras..... 206 |
| 511 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento plano 816 |
| 512 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento plano 816 |
| 513 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento plano 816 |
| 514 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento plano 816 |
| 522 | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto, con anillos de alojamiento planos 816 |
| 523 | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto, con anillos de alojamiento planos 816 |
| 532 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento esférico, sin contraplaca..... 816 |
| 532 + U2 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento esférico y con contraplaca 816 |
| 533 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento esférico, sin contraplaca..... 816 |
| 533 + U3 | Rodamientos axiales a bolas, de simple efecto, con anillo de alojamiento esférico y con contraplaca 816 |
| 542 | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto, con anillos de alojamiento esféricos, sin contraplaca 816 |
| 542 + U2 | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto, con anillos de alojamiento esféricos, con contraplaca 816 |
| 543 | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto, con anillos de alojamiento esféricos, sin contraplaca 816 |
| 543 + U3 | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto, con anillos de alojamiento esféricos, con contraplaca 816 |

| | Página |
|----------------|--|
| 60 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 60..-2RSR | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con obturaciones de labio..... 206 |
| 60..-2Z | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con tapas de protección..... 206 |
| 618 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 618..-2RSR | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con obturaciones de labio..... 206 |
| 618..-2Z | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con tapas de protección..... 206 |
| 619 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 619..-2RSR | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con obturaciones de labio..... 206 |
| 619..-2Z | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con tapas de protección..... 206 |
| 62 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 62(622)..-2RSR | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con obturaciones de labio..... 206 |
| 62..-2Z | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con tapas de protección..... 206 |
| 63 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 63(623)..-2RSR | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera, con obturaciones de labio..... 206 |
| 63..-2Z | Rodam. rígidos a bolas, de 1 hil., con tapas de protecc. 206 |
| 64 | Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera 206 |
| 70..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera 262 |
| 70..-B-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, con obturaciones de labio..... 262 |
| 718..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera 262 |
| 72..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera 262 |
| 72..-B-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, con obturaciones de labio..... 262 |
| 73..-B | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera 262 |
| 73..-B-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, con obturaciones de labio..... 262 |
| 7602 | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, apareables universalmente 1013 |
| 7602..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, apareables universalmente, con obturaciones de labio 1013 |
| 7603 | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, apareables universalmente..... 1013 |
| 7603..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, apareables universalmente, con obturaciones de labio 1013 |
| 811 | Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, de una hilera 858 |
| 812 | Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, de una hilera 858 |
| 893 | Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, de dos hileras ... 858 |
| 894 | Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, de dos hileras ... 858 |

Índice de series

| | Página |
|-------------------|---|
| AH(X)23 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH(X)3 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH(X)30 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH(X)31 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH(X)32 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH2 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH240 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH241 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH33 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AH39 | Manguitos de desmontaje..... 1452 |
| AM | Tuercas estriadas de precisión, con fijación axial 1094 |
| Arcanol | Grasas para rodamientos 1536 |
| AS | Discos axiales..... 874 |
| AXK | Coronas axiales de agujas..... 874 |
| AXW | Rodamientos axiales de agujas, con resalte de centraje..... 874 |
| AY..-NPP-B | Rodamientos insertables, anillo exterior esférico, tornillos prisioneros en el anillo interior 1160 |
| B70 | Rodamientos estándar para husillos 304 |
| B719 | Rodamientos estándar para husillos 304 |
| B72 | Rodamientos estándar para husillos 304 |
| BE | Rodamientos rígidos a bolas insertables, con anillo regulador de acero 1162 |
| BK | Casquillos de agujas con fondo, con jaula 682 |
| BK..-RS | Casquillos de agujas con fondo, con obturación de labio..... 682 |
| BND | Soportes de apoyo para rodamientos, no partidos..... 1323 |
| BSB | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, apareables universalmente 1013 |
| BSB..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera, apareables universalmente, con obturaciones de labio..... 1013 |

| | Página |
|-----------------------------|---|
| CRB | Rodamientos insertables con cubierta de goma para amortiguación y anillo tensor excéntrico..... 1163 |
| DKLFA..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de tres hileras, con brida recortada, atornillable, con obturaciones de labio..... 1013 |
| DRS | Anillos porta-obturación, para rodamientos ZARF 1094 |
| E..-KLL | Rodamientos rígidos a bolas con anillo exterior cilíndrico y anillo tensor excéntrico..... 1198 |
| E..-KRR | Rodamientos rígidos a bolas con anillo exterior cilíndrico y anillo tensor excéntrico..... 1198 |
| E..-KRR-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico..... 1160 |
| F112 | Soportes-brida para rodamientos 1323 |
| F5 (F505 hasta F513) | Soportes-brida para rodamientos 1323 |
| F5 (F515 hasta F522) | Soportes-brida para rodamientos 1323 |
| FLCTE | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1214 |
| FLCTEY | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1214 |
| G | Anillos obturadores de un solo labio..... 806 |
| G..-KRR-B-AS2/V | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico, anillo tensor excéntrico y agujero en pulgadas 1164 |
| GAY..-NPP-B | Rodamientos insertables, anillo exterior esférico, tornillos prisioneros en el anillo interior 1160 |
| GAY..-NPP-B-FA164 | Rodamientos insertables para altas temperaturas, anillo exterior esférico, tornillos prisioneros en el anillo interior 1160 |
| GE..-KLL-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico..... 1160 |
| GE..-KRR-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico..... 1160 |
| GE..-KRR-B-2C | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico, anillo tensor excéntrico y discos centrifugadores antepuestos..... 1160 |
| GE..-KRR-B-FA101 | Rodamientos insertables para altas y bajas temperaturas, con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico..... 1160 |
| GE..-KRR-B-FA125.5 | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico, con Corrotect® 1184 |
| GE..-KRR-B-FA164 | Rodamientos insertables para altas temperaturas, con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico 1184 |
| GE..-KTT-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico, con obturaciones T..... 1160 |

Índice de series

| | Página |
|-----------------------------|--|
| GLCTE | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1214 |
| GLE..-KRR-B | Rodamientos insertables, anillo exterior esférico y ranura de arrastre en el anillo interior 1161 |
| GNE..-KRR-B | Rodamientos insertables, anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico, serie pesada 1160 |
| GR | Anillos obturadores de un solo labio, con armadura exterior de acero 806 |
| GRA | Soportes-brida de tres y cuatro agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |
| GRA..-NPP-B-AS2/V | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico, anillo tensor excéntrico y agujero en pulgadas..... 1164 |
| GRAE..-NPP-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico 1160 |
| GRAE..-NPP-B-FA125.5 | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico, con Corrotect® 1184 |
| GRRY..-VA | Soportes-brida de tres y cuatro agujeros, de chapa de acero inoxidable, rodamiento inoxidable con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R 1217 |
| GS811 | Discos-alojamiento 858 |
| GS812 | Discos-alojamiento 858 |
| GS893 | Discos-alojamiento 858 |
| GS894 | Discos-alojamiento 858 |
| GSH..-2RSR-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y manguito de fijación 1161 |
| GVK..-KTT-B-AS2/V | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y agujero cuadrado..... 1161 |
| GY..-KRR-B-AS2/V | Rodamientos insertables, anillo exterior esférico, tornillos prisioneros en el anillo interior y agujero en pulgadas 1164 |
| GYE..-KRR-B | Rodamientos insertables, anillo exterior esférico y tornillos prisioneros en el anillo interior 1160 |
| GYE..-KRR-B-VA | Rodamientos insertables inoxidables, anillo exterior esférico, tornillos prisioneros en el anillo interior 1160 |

| | Página |
|------------|--|
| H2 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H23 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H240 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H241 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H3 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H30 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H31 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H32 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H33 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| H39 | Manguitos de fijación, con tuerca y chapa de seguridad 1452 |
| HCB70 | Rodamientos estándar para husillos, con bolas de cerámica 304 |
| HCB719 | Rodamientos estándar para husillos, con bolas de cerámica 304 |
| HCB72 | Rodamientos estándar para husillos, con bolas de cerámica 304 |
| HCS70 | Rodamientos para husillos de alta velocidad, con bolas de cerámica, obturados..... 304 |
| HCS719 | Rodamientos para husillos de alta velocidad, con bolas de cerámica, obturados..... 304 |
| HF | Casquillos de marcha libre, sin rodadura, sin moleteado, con muelles de acero 790 |
| HF..-KF | Casquillos de marcha libre, sin rodadura, con muelles de plástico 790 |
| HF..-KF-R | Casquillos de marcha libre, sin rodadura, con moleteado, con muelles de plástico..... 790 |
| HF..-R | Casquillos de marcha libre, sin rodadura, con moleteado, con muelles de acero 790 |
| HFL | Casquillos de marcha libre, con rodadura, sin moleteado, con muelles de acero 790 |
| HFL..-KF | Casquillos de marcha libre, con rodadura, con muelles de plástico 790 |
| HFL..-KF-R | Casquillos de marcha libre, con rodadura, con moleteado, con muelles de plástico..... 790 |
| HFL..-R | Casquillos de marcha libre, con rodadura, con moleteado, con muelles de acero 790 |

Índice de series

| | Página |
|-------------------|--|
| HK | Casquillos de agujas, con jaula 682 |
| HK..-2RS | Casquillos de agujas, con obturaciones de labio 682 |
| HK..-RS | Casquillos de agujas, con obturación de labio en un lado 682 |
| HM | Tuercas estriadas..... 1452 |
| HM30 | Tuercas estriadas..... 1452 |
| HM31 | Tuercas estriadas..... 1452 |
| HMZ | Tuercas para ejes..... 1452 |
| HN | Casquillos de agujas, sin jaula 682 |
| HSS70 | Rodamientos para husillos de alta velocidad, obturados 304 |
| HSS719 | Rodamientos para husillos de alta velocidad, obturados 304 |
| IR | Anillos interiores, con mecanizado de precisión 778 |
| IR..-IS1 | Anillos interiores, con mecanizado de precisión y agujero de engrase 778 |
| JK0S | Rodamientos de rodillos cónicos integrales, obturados 516 |
| K | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera, con dimensiones en pulgadas 516 |
| K | Coronas de agujas, de una hilera 666 |
| K..-ZW | Coronas de agujas, de dos hileras..... 666 |
| K811 | Coronas axiales de rodillos cilíndricos, de una hilera..... 858 |
| K812 | Coronas axiales de rodillos cilíndricos, de una hilera..... 858 |
| K893 | Coronas axiales de rodillos cilíndricos, de dos hileras 858 |
| K894 | Coronas axiales de rodillos cilíndricos, de dos hileras 858 |
| KLRU | Rodillos-guía con cubierta de poliamida, superficie exterior abombada..... 987 |
| KLRZ | Rodillos-guía con cubierta de poliamida, superficie exterior cilíndrica 987 |
| KM | Tuercas estriadas..... 1452 |
| KML | Tuercas estriadas..... 1452 |
| KR | Rodillos de levas, con jaula y obturaciones de paso estrecho 936 |
| KR..-PP | Rodillos de levas, con jaula y discos axiales de plástico 936 |
| KR52..-2RS | Rodillos-guía con muñequilla, de dos hileras, con obturaciones de labio 986 |
| KRE..-PP | Rodillos de levas, con jaula, discos axiales de plástico, con excéntrica 937 |
| KRV..-PP | Rodillos de levas, sin jaula y discos axiales de plástico 936 |

| | Página |
|----------------------|--|
| KSR..-B0 | Ruedas tensoras para cadenas, con rodamiento insertable 1312 |
| KSR..-L0 | Ruedas tensoras para cadenas, con rodamiento rígido a bolas..... 1312 |
| KSR..-L0..-22 | Ruedas tensoras para cadenas, de plástico, con rodamiento rígido a bolas..... 1312 |
| KUG | Bolas de acero, según DIN 5 401-1/ISO 3 290 1512 |
| LASE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones L 1214 |
| LCJT..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones L 1214 |
| LOE | Soportes de apoyo, partidos, para lubricación con aceite 1322 |
| LR | Anillos interiores, rectificados 778 |
| LR2 | Rodillos-guía, de una hilera, con obturaciones de labio..... 986 |
| LR50 | Rodillos-guía, de dos hileras, con obturaciones de labio 986 |
| LR52 | Rodillos-guía, de dos hileras, con obturaciones de labio u obturaciones de paso estrecho 986 |
| LR53 | Rodillos-guía, de dos hileras, con obturaciones de labio u obturaciones de paso estrecho 986 |
| LR6 | Rodillos-guía, de una hilera, con obturaciones de labio..... 986 |
| LR60 | Rodillos-guía, de una hilera, con obturaciones de labio..... 986 |
| LS | Discos de rodadura 858 |
| LSL1923 | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula de disco..... 448 |
| MB | Chapas de seguridad 1452 |
| MBL | Chapas de seguridad 1452 |
| MS30 | Grapas de seguridad, con tornillo 1452 |
| MS31 | Grapas de seguridad, con tornillo 1452 |
| MSTU | Soportes tensores, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P, no reengrasables..... 1216 |
| N2..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| N3..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NA22..-2RSR | Rodillos de apoyo, sin guía axial, con anillo interior y obturaciones de labio 930 |

Índice de series

| | Página |
|----------------------|---|
| NA48 | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior 704 |
| NA49 | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior 704 |
| NA49..-2RSR | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior y obturaciones de labio 704 |
| NA49..-RSR | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior y obturaciones de labio 704 |
| NA69 | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior 704 |
| NA69..-ZW | Rodamientos de agujas con bordes, de dos hileras, con anillo interior..... 704 |
| NAO | Rodamientos de agujas sin bordes, de una hilera, con anillo interior..... 738 |
| NAO..-ZW-ASR1 | Rodamientos de agujas sin bordes, de dos hileras, con anillo interior..... 738 |
| NATR | Rodillos de apoyo, con guía axial, con jaula y obturaciones de paso estrecho 931 |
| NATR..-PP | Rodillos de apoyo, con guía axial, con jaula y discos axiales de plástico 931 |
| NATV | Rodillos de apoyo, con guía axial, sin jaula y con obturaciones de paso estrecho 931 |
| NATV..-PP | Rodillos de apoyo, sin jaula, con guía axial y discos axiales de plástico 931 |
| NJ2..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos de apoyo 396 |
| NJ2..-E + HJ | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con anillo angular..... 396 |
| NJ22..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos de apoyo 396 |
| NJ22..-E + HJ | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con anillo angular..... 396 |
| NJ23..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos de apoyo 396 |
| NJ23..-E + HJ | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con anillo angular..... 396 |
| NJ3..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos de apoyo 396 |
| NJ3..-E + HJ | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con anillo angular..... 396 |
| NJ4 | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos de apoyo 396 |
| NJ4 + HJ | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con anillo angular..... 396 |
| NK | Rodamientos de agujas con bordes, sin anillo interior 704 |
| NKI | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior 704 |
| NKIA | Rodam. de agujas y a bolas de cont. ang. con anillo int..... 760 |
| NKIB | Rodam. de agujas y a bolas de cont. ang. con anillo int..... 760 |
| NKIS | Rodamientos de agujas con bordes, con anillo interior 704 |
| NKS | Rodamientos de agujas con bordes, sin anillo interior 704 |

| | Página |
|-------------------------|---|
| NKX | Rodamientos de agujas y axiales a bolas, sin anillo interior, sin cubierta de protección 760 |
| NKX..-Z | Rodamientos de agujas y axiales a bolas, sin anillo interior, con cubierta de protección 760 |
| NKXR | Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos, sin anillo interior, sin cubierta de protección 760 |
| NKXR..-Z | Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos, sin anillo interior, con cubierta de protección 760 |
| NN30..-AS-K-M-SP | Rodamientos de rodillos cilíndricos de superprecisión, de dos hileras, rodamientos libres 502 |
| NNTR..-2ZL | Rodillos de apoyo, con guía axial, sin jaula, con borde central y tapas de protección con anillos de lámina 931 |
| NRB | Agujas, según DIN 5 402-3/ISO 3 096, forma B, con caras laterales planas y bordes perfilados 1530 |
| NU10 | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NU19 | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NU2..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NU22..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NU23..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NU3..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NU4 | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos libres 396 |
| NUKR | Rodillos de levas, sin jaula, con obturaciones de laberinto.... 936 |
| NUKRE | Rodillos de levas, sin jaula, con obturaciones de laberinto, con excéntrica 937 |
| NUP2..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con disco de reborde..... 396 |
| NUP22..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con disco de reborde..... 396 |
| NUP23..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con disco de reborde..... 396 |
| NUP3..-E | Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula, rodamientos fijos, con disco de reborde..... 396 |
| NUTR | Rodillos de apoyo, con guía axial, sin jaula, con obturaciones de laberinto..... 931 |
| NX | Rodamientos de agujas y axiales a bolas, sin anillo interior, sin cubierta de protección 760 |
| NX..-Z | Rodamientos de agujas y axiales a bolas, sin anillo interior, con cubierta de protección 760 |

Índice de series

| | Página |
|-----------------------|--|
| PASE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1214 |
| PASE..-N-FA125 | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P, con Corrotect® 1242 |
| PASEY..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1214 |
| PB | Soportes de apoyo, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |
| PBS | Soportes de apoyo, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |
| PBY | Soportes de apoyo, de chapa de acero, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1217 |
| PCCJ | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con rodamiento a bolas de contacto angular, de dos hileras y obturaciones P 1215 |
| PCF | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1215 |
| PCFT | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1214 |
| PCFTR | Soportes-brida de tres agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1215 |
| PCJ..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1215 |
| PCJ..-N-FA125 | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P, con Corrotect® 1270 |
| PCJT..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1214 |
| PCJT..-N-FA125 | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P, con Corrotect® 1258 |
| PCJTY..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1214 |
| PCJY..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1215 |

| | Página |
|--------------------|--|
| PCSLT | Soportes-brida de dos agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |
| PE | Rodamientos insertables con anillo regulador de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1162 |
| PHE | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1216 |
| PHEY | Soportes tensores, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1216 |
| PHUSE | Soportes tensores, de fundición gris y chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1216 |
| PME..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1215 |
| PMEY..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior, resalte de centraje y obturaciones P 1215 |
| PNA | Rodamientos de agujas autoalineables, con anillo interior 752 |
| PSFT | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1216 |
| PSHE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1214 |
| PSHEY..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1214 |
| PTUE | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1216 |
| PTUEY | Soportes tensores, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P 1216 |
| PWKR..-2RS | Rodillos de levas, sin jaula, con borde central y obturaciones de labio 936 |
| PWKRE..-2RS | Rodillos de levas, sin jaula, con excéntrica, con borde central y obturaciones de labio 937 |
| PWTR..-2RS | Rodillos de apoyo, sin jaula, con guía axial, con borde central y obturaciones de labio 931 |
| QJ2 | Rodamientos con cuatro puntos de contacto, sin ranuras de retención 350 |
| QJ2..-N2 | Rodamientos con cuatro puntos de contacto, con ranuras de retención 350 |
| QJ3 | Rodamientos con cuatro puntos de contacto, sin ranuras de retención 350 |
| QJ3..-N2 | Rodamientos con cuatro puntos de contacto, con ranuras de retención 350 |
| RA | Soportes-brida de tres y cuatro agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |

Índice de series

| | Página |
|-----------------------|--|
| RA..-NPP | Rodamientos con anillo exterior cilíndrico, anillo tensor excéntrico y agujero en pulgadas..... 1164 |
| RA..-NPP-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico, anillo tensor excéntrico y agujero en pulgadas..... 1164 |
| RABRA(B) | Rodamientos insertables con cubierta de goma para amortiguación y anillo tensor excéntrico 1163 |
| RAE..-NPP | Rodamientos rígidos a bolas con anillo exterior cilíndrico y anillo tensor excéntrico 1162 |
| RAE..-NPP-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico 1160 |
| RAE..-NPP-NR | Rodamientos con anillo exterior cilíndrico con dos ranuras y un anillo elástico, y anillo tensor excéntrico 1163 |
| RAL..-NPP | Rodamientos con anillo exterior cilíndrico, anillo tensor excéntrico y agujero en pulgadas, serie ligera 1164 |
| RALE..-NPP | Rodamientos con anillo exterior cilíndrico y anillo tensor excéntrico, serie ligera 1162 |
| RALE..-NPP-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y anillo tensor excéntrico, serie ligera 1160 |
| RALT | Soportes-brida de dos agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P, serie ligera..... 1217 |
| RALTR | Soportes-brida de tres agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P, serie ligera, no reengrasables 1217 |
| RASE..-FA164 | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, para altas temperaturas 1242 |
| RASE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R 1214 |
| RASE..-N-FA125 | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, con Corrotect® 1242 |
| RASEA..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con manguito de fijación y obturaciones R..... 1214 |
| RASEL..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con ranura de arrastre en el anillo interior y obturaciones R..... 1214 |
| RASEY..-JIS | Soportes de apoyo, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R, según normas JIS..... 1214 |
| RASEY..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R..... 1214 |
| RAT | Soportes-brida de dos agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |
| RATR | Soportes-brida de tres agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones P 1217 |
| RATRY | Soportes-brida de tres agujeros, de chapa de acero, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P..... 1217 |

| | | Página |
|-----------------------|--|--------|
| RATY | Soportes-brida de dos agujeros, de chapa de acero, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P | 1217 |
| RAY | Soportes-brida de tres o cuatro agujeros, de chapa de acero, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones P | 1217 |
| RCJ..-FA164 | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, para altas temperaturas | 1270 |
| RCJ..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R | 1215 |
| RCJ..-N-FA125 | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, con Corrotect® | 1270 |
| RCJL..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con ranura de arrastre en el anillo interior y obturaciones R | 1215 |
| RCJO | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, serie pesada | 1215 |
| RCJT..-FA164 | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, para altas temperaturas | 1260 |
| RCJT..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R | 1214 |
| RCJT..-N-FA125 | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, con Corrotect® | 1258 |
| RCJTA..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con manguito de fijación y obturaciones R | 1214 |
| RCJTY..-JIS | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R, según normas JIS | 1214 |
| RCJTY..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R | 1214 |
| RCJTZ | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, anillo tensor excéntrico y obturaciones R | 1214 |
| RCJY..-JIS | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R, según normas JIS | 1215 |
| RCJY..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R | 1215 |
| RCRA(B) | Rodamientos insertables con cubierta de goma para amortiguación y anillo tensor excéntrico | 1163 |
| RCSMA(B) | Rodamientos insertables con cubierta de goma para amortiguación y anillo tensor excéntrico | 1163 |
| RCSMF | Soportes-brida de dos agujeros, de chapa de acero, con cubierta de goma para amortiguación, anillo tensor excéntrico y obturaciones P | 1217 |

Índice de series

| | Página |
|-----------------------|--|
| RFE | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, anillo tensor excéntrico y obturaciones R..... 1215 |
| RHE | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R 1216 |
| RME..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, anillo tensor excéntrico y obturaciones R..... 1215 |
| RMEO | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, anillo tensor excéntrico y obturaciones R, serie pesada 1215 |
| RMEY..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior, resalte de centraje y obturaciones R 1215 |
| RNA22..-2RSR | Rodillos de apoyo, sin guía axial, sin anillo interior y con obturaciones de labio 930 |
| RNA48 | Rodamientos de agujas con bordes, sin anillo interior 704 |
| RNA49 | Rodamientos de agujas con bordes, sin anillo interior 704 |
| RNA49..-2RSR | Rodamientos de agujas con bordes, sin anillo interior y con obturaciones de labio 704 |
| RNA49..-RSR | Rodamientos de agujas con bordes, sin anillo interior y con obturaciones de labio 704 |
| RNA69 | Rodamientos de agujas con bordes, de una hilera, sin anillo interior..... 704 |
| RNA69..-ZW | Rodamientos de agujas con bordes, de dos hileras, sin anillo interior..... 704 |
| RNAO | Rodamientos de agujas sin bordes, de una hilera, sin anillo interior..... 738 |
| RNAO..-ZW-ASR1 | Rodamientos de agujas sin bordes, de dos hileras, sin anillo interior, con agujero de engrase en el anillo exterior 738 |
| RPB | Soportes de apoyo, de chapa de acero, con cubierta de goma para amortiguación, anillo tensor excéntrico y obturaciones P..... 1217 |
| RPNA | Rodamientos de agujas autoalineables, sin anillo interior 752 |
| RRTR | Soportes-brida de tres agujeros, de chapa de acero, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R 1217 |
| RRY..-VA | Soportes-brida de tres y cuatro agujeros, de chapa de acero inoxidable, rodamiento inoxidable con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R..... 1217 |
| RSAO | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, serie pesada 1214 |
| RSHE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R..... 1214 |
| RSHEY..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R..... 1214 |

| | Página |
|--------------------|--|
| RSRA..-K0 | Poleas tens. de correas, con rodam. ríg. a bolas 1312 |
| RSRA..-L0 | Poleas tens. de correas, con rodam. ríg. a bolas 1312 |
| RSRB..-L0 | Poleas tens. de correas, con rodam. ríg. a bolas 1312 |
| RSRD..-L0 | Poleas tens. de correas, con rodam. ríg. a bolas 1312 |
| RSTO | Rodillos de apoyo, sin guía axial, sin anillo interior 930 |
| RTC | Rodamientos axial-radial, de doble efecto 1112 |
| RTUE | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R 1216 |
| RTUEO | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones R, serie pesada 1216 |
| RTUEY | Soportes de apoyo, de fundición gris, con tornillos prisioneros en el anillo interior y obturaciones R 1216 |
| S30 | Soportes de apoyo para rodamientos, partidos 1322 |
| SD | Anillos obturadores, de doble labio 806 |
| SD31 | Soportes de apoyo para rodamientos, partidos 1322 |
| SK..-KRR-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y agujero hexagonal..... 1161 |
| SL0148 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de dos hileras, rodamientos fijos 480 |
| SL0149 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de dos hileras, rodamientos fijos 480 |
| SL0248 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de dos hileras, rodamientos libres 480 |
| SL0249 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de dos hileras, rodamientos libres 480 |
| SL04..-PP | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, con ranuras en el anillo exterior, rodamientos fijos, con obturaciones de labio..... 480 |
| SL0450..-PP | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, con ranuras en el anillo exterior, rodamientos fijos, con obturaciones de labio..... 480 |
| SL1818 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de una hilera, rodamientos de apoyo 462 |
| SL1822 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de una hilera, rodamientos de apoyo 462 |
| SL1829 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de una hilera, rodamientos de apoyo 462 |
| SL1830 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de una hilera, rodamientos de apoyo 462 |
| SL1850 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de dos hileras, rodamientos de apoyo..... 480 |
| SL1923 | Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula, de una hilera, rodamientos de apoyo 462 |
| SNV | Soportes de apoyo para rodamientos, partidos 1322 |
| STO | Rodillos de apoyo, sin guía axial, con anillo interior 930 |
| SX | Rodam. de rodillos cruzados, serie de medidas 18..... 898 |

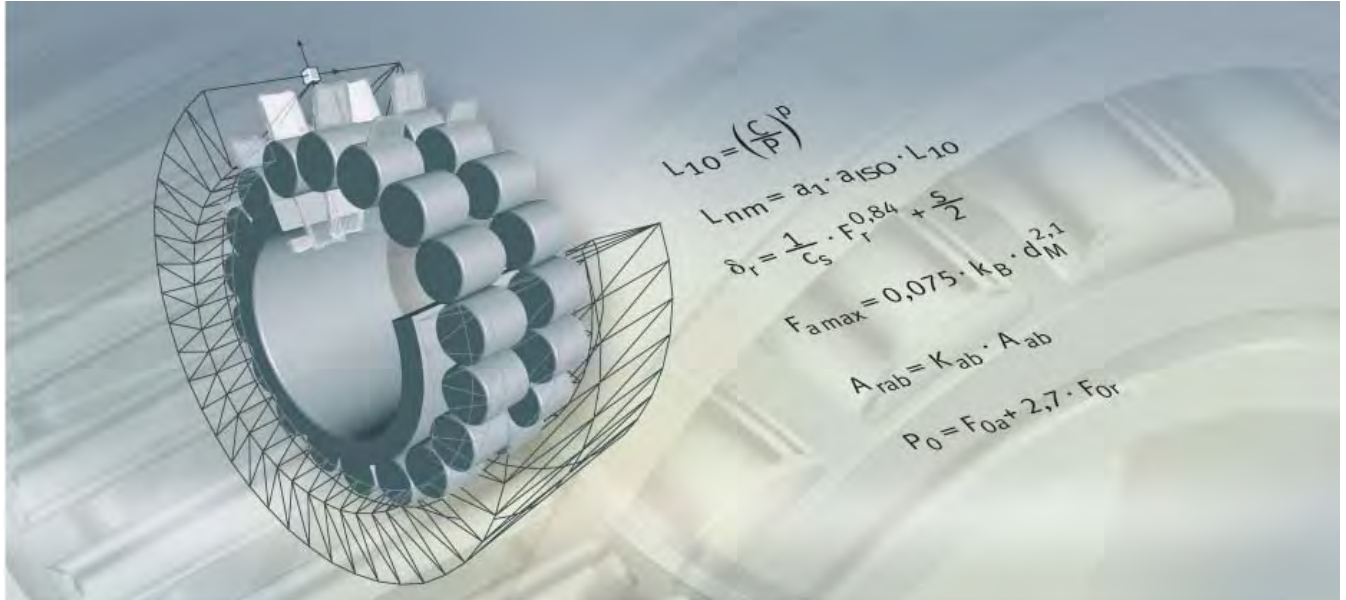
Índice de series

| | Página |
|----------------------------|--|
| T | Rodamientos de rodillos cónicos, de una hilera..... 516 |
| TASE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1214 |
| TCJ | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1215 |
| TCJT..-N | Soportes-brida de dos agujeros, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1214 |
| TFE | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1215 |
| THE | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1216 |
| TME..-N | Soportes-brida de cuatro agujeros, de fundición gris, con resalte de centraje, anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1215 |
| TSHE..-N | Soportes de apoyo, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1214 |
| TTUE | Soportes tensores, de fundición gris, con anillo tensor excéntrico y obturaciones T..... 1216 |
| VK..-KTT-B | Rodamientos insertables con anillo exterior esférico y agujero cuadrado..... 1161 |
| VR3 | Soportes de apoyo para rodamientos, no partidos..... 1323 |
| WS811 | Discos-eje 858 |
| WS812 | Discos-eje 858 |
| WS893 | Discos-eje 858 |
| WS894 | Discos-eje 858 |
| YRT | Rodamientos axial-radial, de doble efecto..... 1112 |
| YRTM | Rodamientos axial-radial con sistema de medición angular integrado 1146 |
| YRT_{Speed} | Rodamientos axial-radial, de doble efecto, para altas velocidades 1112 |
| ZARF | Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos, atornillables 1066 |
| ZARF..-L | Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos, atornillables, con disco-eje prolongado..... 1066 |

| | Página |
|-----------------------|--|
| ZARN | Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos..... 1066 |
| ZARN..-L | Rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos, con disco-eje prolongado..... 1066 |
| ZKLDF | Rodamientos a bolas de contacto angular, de doble efecto..... 1112 |
| ZKLF..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, atornillables, con obturaciones de labio..... 1012 |
| ZKLF..-2RS-2AP | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, atornillables, apareados, con obturaciones de labio 1012 |
| ZKLF..-2RS-PE | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, atornillables, con obturaciones de labio y con tolerancias ampliadas 1012 |
| ZKLF..-ZZ | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, atornillables, con tapas de protección..... 1012 |
| ZKLFA..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con brida recortada, atornillables, con obturaciones de labio..... 1013 |
| ZKLFA..-ZZ | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con brida recortada, atornillables, con tapas de protección..... 1013 |
| ZKLN..-2RS | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con obturaciones de labio 1012 |
| ZKLN..-2RS-2AP | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, apareados, con obturaciones de labio..... 1012 |
| ZKLN..-2RS-PE | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con obturaciones de labio y con tolerancias ampliadas 1012 |
| ZKLN..-ZZ | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras, con tapas de protección..... 1012 |
| ZKLR..-2RS | Unidades de rodamientos a bolas de contacto angular, atornillables, con obturaciones de labio..... 1013 |
| ZKLR..-ZZ | Unidades de rodamientos a bolas de contacto angular, atornillables, con tapas de protección..... 1013 |
| ZL2..-DRS | Rodillos-guía con muñequilla, de una hilera, con una obturación de labio en el lado de la muñequilla..... 986 |
| ZL52..-DRS | Rodillos-guía con muñequilla, de dos hileras, con una obturación de labio en el lado de la muñequilla..... 986 |
| ZLE52..-ZZ | Rodillos-guía con muñequilla, de dos hileras, con excéntrica, con tapas de protección 986 |
| ZM(A) | Tuercas estriadas de precisión, con fijación radial..... 1094 |
| ZRB | Rodillos cilíndricos, según DIN 5 402-1, extremos perfilados o perfil logarítmico 1520 |
| ZSL1923 | Rodamientos de rodillos cilíndricos con piezas separadoras 448 |



FAG



Fundamentos técnicos

Capacidad de carga y duración de vida

Rigidez

Rozamiento y temperatura

Velocidades

Lubricación

Datos de los rodamientos

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Montaje y desmontaje

Fundamentos técnicos

| | Página |
|---|--------|
| Capacidad de carga y duración de vida | |
| Teoría de la fatiga como fundamento | 40 |
| Dimensionado de los rodamientos..... | 41 |
| Capacidad de carga dinámica y duración de vida | 41 |
| Cálculo de la duración de vida | 42 |
| Duración de vida nominal..... | 42 |
| Duración de vida modificada..... | 43 |
| Duración de vida modificada y ampliada | 46 |
| Valores equivalentes de funcionamiento..... | 50 |
| Velocidad de rotación y carga variables..... | 51 |
| Duración de vida necesaria..... | 53 |
| Duración en servicio | 56 |
| Capacidad de carga axial de los rodamientos de rodillos cilíndricos | 57 |
| Rodamientos en ejecución TB..... | 57 |
| Carga axial máxima y carga axial permisible | 57 |
| Capacidad de carga estática | 59 |
| Coeficiente de seguridad estática..... | 59 |
| Rigidez | |
| Deformación..... | 61 |
| Rozamiento y temperatura | |
| Rozamiento | 63 |
| Evacuación del calor | 63 |
| Determinación de los valores del rozamiento..... | 64 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos que soportan cargas axiales..... | 69 |
| Velocidades | |
| Velocidad de referencia | 71 |
| Condiciones de referencia..... | 71 |
| Velocidad límite | 72 |
| Velocidad máxima permisible..... | 72 |
| Cálculo de la velocidad máxima permisible | 73 |

Fundamentos técnicos

| | Página |
|--|--------|
| Lubricación | |
| Fundamentos..... | 76 |
| Función del lubricante | 76 |
| Selección del tipo de lubricación | 77 |
| Diseño de las conducciones de lubricante | 78 |
| Lubricación con grasa | 79 |
| Composición de una grasa lubricante | 79 |
| Clases de grasas lubricantes | 80 |
| Consistencia de las grasas lubricantes | 80 |
| Selección de la grasa adecuada..... | 81 |
| Grasas lubricantes con características especiales..... | 84 |
| Duración de vida de la grasa..... | 86 |
| Períodos de reengrase..... | 93 |
| Miscibilidad..... | 95 |
| Capacidad de almacenaje | 95 |
| Lubricación con aceite | 96 |
| Temperaturas de funcionamiento | 96 |
| Selección del aceite adecuado | 96 |
| Compatibilidad | 99 |
| Miscibilidad..... | 99 |
| Limpieza | 99 |
| Sistemas de lubricación | 100 |
| Cambio de aceite | 107 |

| | Página |
|---|--------|
| Datos de los rodamientos | |
| Juego radial..... | 108 |
| Círculo inscrito..... | 108 |
| Juego de funcionamiento..... | 109 |
| Magnitud del juego de funcionamiento..... | 109 |
| Cálculo del juego de funcionamiento..... | 109 |
| Juego axial..... | 111 |
| Ejemplo de cálculo..... | 112 |
| Materiales..... | 113 |
| High Nitrogen Steel..... | 113 |
| Aceros de alto rendimiento Cronidur y Cronitect..... | 113 |
| Materiales cerámicos..... | 113 |
| Materiales y componentes de los rodamientos..... | 114 |
| Jaulas..... | 114 |
| Jaulas de chapa..... | 114 |
| Jaulas macizas..... | 115 |
| Tipo de guiado..... | 117 |
| Temperatura de funcionamiento..... | 118 |
| Rodillos-guía..... | 118 |
| Rodamientos obturados..... | 118 |
| Protección anticorrosiva..... | 119 |
| Recubrimiento Corrotect®..... | 119 |
| Tolerancias dimensionales y de rotación..... | 120 |
| Rodamientos de precisión..... | 120 |
| Procedimientos de medición..... | 120 |
| Rodamientos radiales, excepto rodamientos de rodillos cónicos..... | 122 |
| Rodamientos axiales..... | 133 |
| Distancias a los cantos y chaflanes..... | 136 |
| Rodamientos radiales, excepto rodamientos de rodillos cónicos..... | 136 |
| Rodamientos de rodillos cónicos..... | 138 |
| Rodamientos axiales..... | 139 |

Fundamentos técnicos

| | Página |
|--|--------|
| Mecanizado y ejecución de los apoyos | |
| Selección de la disposición de rodamientos | 140 |
| Apoyo fijo-apoyo libre | 140 |
| Rodadura ajustada | 144 |
| Rodadura flotante | 146 |
| Ajustes | 147 |
| Criterios para la elección de los ajustes | 147 |
| Condiciones de rotación | 148 |
| Tolerancias de los ejes y de los alojamientos | 149 |
| Campos de tolerancia | 149 |
| Indicaciones acerca de las tablas de tolerancias para ejes y alojamientos | 149 |
| Tablas de ajustes para los ejes y los alojamientos | 153 |
| Círculo inscrito | 168 |
| Tolerancias de forma y de posición de las superficies de apoyo de los rodamientos | 169 |
| Precisión de las superficies de apoyo de los rodamientos ... | 169 |
| Valores para calidades IT | 172 |
| Pistas de rodadura para rodamientos sin anillos | 174 |
| Materiales para las pistas de rodadura | 174 |
| Fijación axial de los rodamientos | 176 |
| Instrucciones sobre el diseño | 176 |
| Rodaduras ajustadas y rodaduras flotantes | 180 |
| Obturaciones | 181 |
| Obturaciones sin contacto en la construcción anexa | 181 |
| Obturaciones sin contacto en el rodamiento | 184 |
| Obturaciones de contacto en la construcción anexa | 185 |
| Obturaciones de contacto en el rodamiento | 187 |

| | Página |
|---|--------|
| Montaje y desmontaje | |
| Manipulación | 188 |
| Almacenaje de los rodamientos | 188 |
| Almacenaje de las grasas Arcanol para rodamientos..... | 189 |
| Extracción de los rodamientos..... | 190 |
| Compatibilidad, miscibilidad | 190 |
| Limpieza de los rodamientos..... | 190 |
| Montaje..... | 191 |
| Instrucciones para el montaje | 191 |
| Montaje de rodamientos en asientos cilíndricos | 192 |
| Montaje de rodamientos con agujero cónico..... | 195 |
| Orientaciones para el desmontaje | 196 |
| Desmontaje de rodamientos montados en asientos cilíndricos | 197 |
| Desmontaje de rodamientos con agujero cónico..... | 198 |

Capacidad de carga y duración de vida

En 1997, Schaeffler introdujo el “Cálculo ampliado de la duración de vida modificada”. Este procedimiento se normalizó por primera vez en DIN ISO 281 suplemento 1 y es desde 2007 que forma parte de las normas internacionales ISO 281.

En el contexto de la normalización internacional, el coeficiente de duración de vida a_{DIN} se ha convertido en a_{ISO} , a pesar de ello, el cálculo no se modifica.

Teoría de la fatiga como fundamento

La base para el cálculo de la duración de vida, normalizada según ISO 281, es la teoría de la fatiga de Lundberg y Palmgren, que conduce siempre a la duración final de vida.

Sin embargo, los modernos rodamientos, de alta calidad, en condiciones favorables de funcionamiento, pueden superar considerablemente los valores calculados de la duración de vida nominal. A este respecto, Ioannides y Harris han desarrollado un modelo sobre la fatiga en el contacto de rodadura, que amplía la teoría de Lundberg y Palmgren y describe mejor el rendimiento de los modernos rodamientos.

El procedimiento “Cálculo ampliado de la duración de vida modificada” tiene en cuenta las siguientes influencias:

- La magnitud de la carga
- El límite de fatiga del material
- El grado de separación de las superficies por el lubricante
- La limpieza de la película de lubricante
- Los aditivos del lubricante
- La distribución interior de la carga y las condiciones de rozamiento en el rodamiento.



¡Las influencias externas, especialmente la de la suciedad, resultan muy complejas! ¡Para una evaluación exacta se requiere mucha experiencia! ¡Por eso, para un asesoramiento continuado, se debería contar con el servicio de ingeniería de Schaeffler Technologies!

¡Las tablas y los diagramas han de considerarse tan sólo como valores de referencia!

Dimensionado de los rodamientos

El tamaño necesario de un rodamiento depende de los siguientes requisitos:

- Duración de vida
- Capacidad de carga (carga máxima permisible)
- Seguridad de funcionamiento.

Capacidad de carga dinámica y duración de vida

La medida de la posibilidad de cargar un rodamiento es la capacidad de carga dinámica. Las capacidades de carga dinámica se basan en DIN ISO 281.

Las capacidades de carga dinámica para rodamientos, se han adaptado al nivel de prestaciones acreditado en la práctica y publicado en anteriores catálogos de INA y FAG.

El comportamiento del material frente a la fatiga determina la capacidad de carga dinámica de un rodamiento.

La capacidad de carga de un rodamiento se describe mediante la capacidad de carga dinámica y la duración de vida nominal.

El duración de vida a la fatiga depende de:

- La carga
- La velocidad de funcionamiento
- La probabilidad estadística de que se produzca la primera avería.

Para rodamientos rotativos se aplica la capacidad de carga dinámica C .

Ésta es:

- Para rodamientos radiales, una carga radial constante C_r
- Una carga axial constante C_a , aplicada en el centro de los rodamientos axiales.

La capacidad de carga dinámica C es la carga de magnitud y dirección constantes, bajo la cual una cantidad suficientemente grande de rodamientos idénticos alcanza una duración de vida nominal de un millón de revoluciones.

Capacidad de carga y duración de vida

Cálculo de la duración de vida

Los métodos para el cálculo de la duración de vida son:

- La duración de vida nominal L_{10} y L_{10h} según ISO 281, ver página 42
- La duración de vida modificada L_{na} según DIN ISO 281:1990 (no forma parte de ISO 281), ver página 43
- La duración de vida modificada y ampliada L_{nm} según ISO 281, ver página 46.

Duración de vida nominal

Las duraciones de vida nominal L_{10} y L_{10h} resultan de:

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

$$L_{10h} = \frac{16\,666}{n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

L_{10} 10^6 revoluciones
Duración de vida nominal, en millones de revoluciones, alcanzada o sobrepasada por el 90% de una cantidad suficientemente grande de rodamientos iguales, antes de que aparezcan los primeros indicios de fatiga en el material.

L_{10h} h
Duración de vida nominal, en horas de funcionamiento, según la definición de L_{10}

C N
Capacidad de carga dinámica

P N
Carga dinámica equivalente, para rodamientos radiales y axiales

p –
Exponente de duración de vida;
para rodamientos de rodillos: $p = 10/3$ y
para rodamientos a bolas: $p = 3$

n min^{-1}
Velocidad de funcionamiento.

Carga dinámica equivalente

La carga dinámica equivalente P es un valor que se obtiene por cálculo. Este valor es una carga radial de magnitud y dirección constantes para rodamientos radiales y una carga axial centrada de magnitud y dirección constantes para rodamientos axiales.

Una carga P da como resultado la misma duración de vida que el colectivo de cargas combinadas que actúa en la realidad.

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

P N
Carga dinámica equivalente

F_r N
Carga radial dinámica

F_a N
Carga axial dinámica

X –
Factor radial, de las tablas de medidas o de la descripción del producto

Y –
Factor axial, de las tablas de medidas o de la descripción del producto.



¡Este cálculo no se puede aplicar a rodamientos radiales de agujas, así como a rodamientos axiales de agujas ni a rodamientos axiales de rodillos cilíndricos! ¡Para estos rodamientos no son permisibles las cargas combinadas!

Duración de vida modificada

La duración de vida modificada L_{na} puede calcularse si, además de la carga y de la velocidad de giro, se conocen otros factores de influencia como:

- Las características particulares del material
- La lubricación

o bien

- Se exige una probabilidad de supervivencia distinta del 90%.

Este procedimiento de cálculo fue sustituido en ISO 281:2007 por el cálculo de la duración de vida modificada y ampliada L_{nm} , ver página 46.

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10}$$

L_{na} 10⁶ revoluciones
Duración de vida modificada, para materiales con características especiales y condiciones de funcionamiento especiales, con una probabilidad de supervivencia de (100 - n)%

L_{10} 10⁶ revoluciones
Duración de vida nominal

a_1 -
Coeficiente de duración de vida para una probabilidad de supervivencia distinta del 90%. En ISO 281:2007 los valores para el coeficiente de duración de vida a_1 fueron establecidos de nuevo, ver tabla Coeficiente de duración de vida a_1 , página 46

a_2 -
Coeficiente de duración de vida para materiales con características especiales. Para aceros estándar para rodamientos: $a_2 = 1$

a_3 -
Coeficiente de duración de vida para condiciones específicas de funcionamiento, especialmente para el estado de la lubricación, *figura 1*.

La relación de viscosidades κ se determina según la ecuación en página 44.

- ① Buena limpieza y aditivos adecuados
 - ② Máxima limpieza y carga reducida
 - ③ Impurezas en el lubricante
- a_3 = coeficiente de duración de vida
 κ = relación de viscosidades

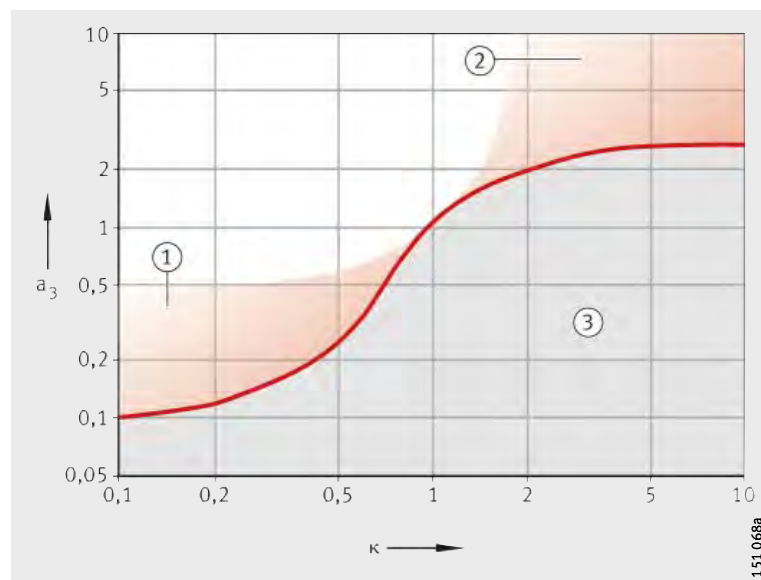


Figura 1
Coeficiente de duración de vida a_3

Capacidad de carga y duración de vida

Relación de viscosidades

La relación de viscosidades κ sirve para la formación de la película de lubricante:

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1}$$

ν mm^2s^{-1}
Viscosidad cinemática del lubricante a la temperatura de funcionamiento
 ν_1 mm^2s^{-1}
Viscosidad nominal del lubricante a la temperatura de funcionamiento.

La viscosidad nominal ν_1 se deduce con la ayuda del diámetro medio del rodamiento $d_M = (D + d)/2$ y de la velocidad de funcionamiento n , *figura 2*, página 45.

La viscosidad nominal del aceite a +40 °C se deduce de la viscosidad de funcionamiento requerida ν y de la temperatura de funcionamiento ϑ , *figura 3*, página 45. En el caso de las grasas lubricantes, ν es la viscosidad de funcionamiento del aceite base.

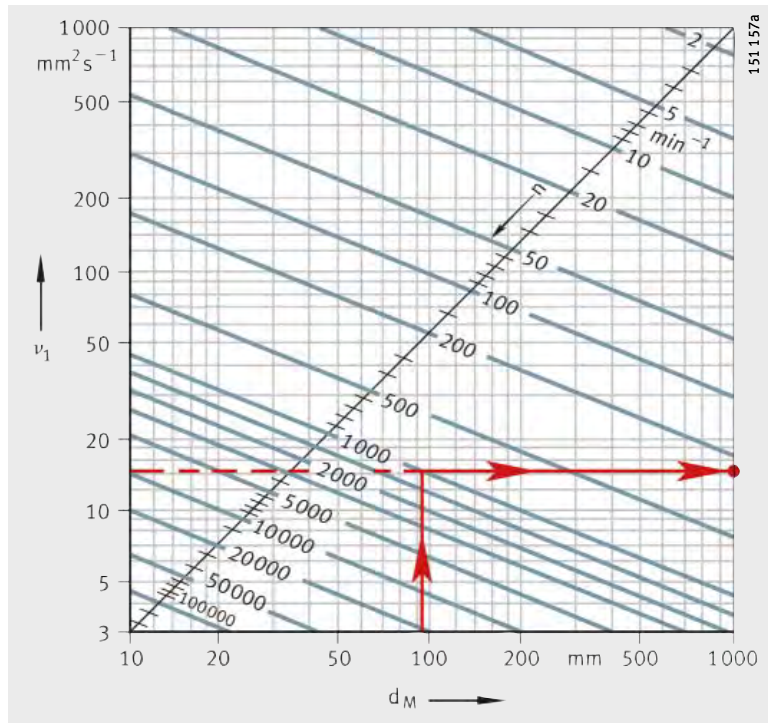
En los rodamientos sometidos a grandes cargas con grandes partes deslizantes, la temperatura en el área de contacto de rodadura es hasta 20 K más alta que la temperatura medible en el anillo en reposo (sin influencia de ningún calentamiento externo).



¡Para la consideración de los aditivos EP en el cálculo de la duración de vida modificada y ampliada L_{nm} , ver página 47!

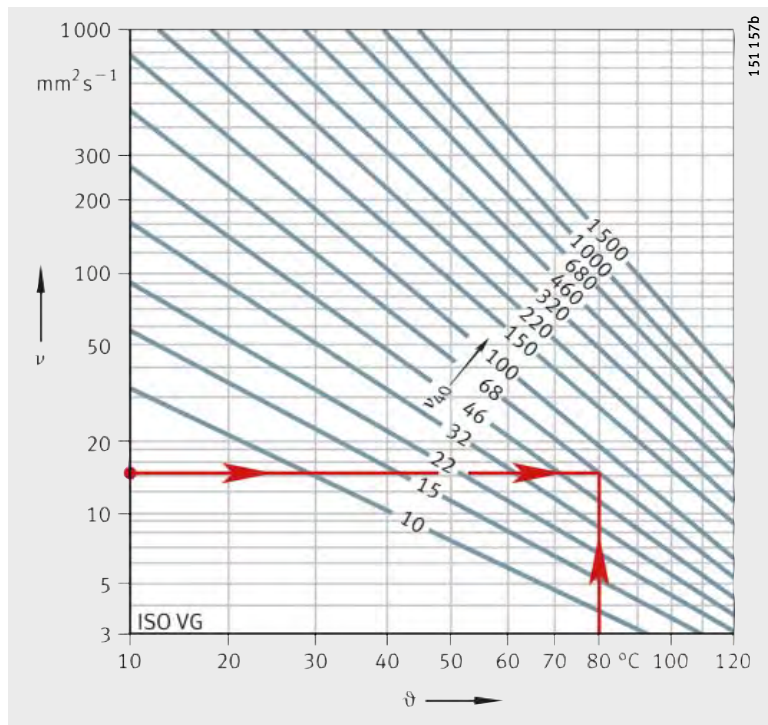
ν_1 = viscosidad nominal
 d_M = diámetro medio del rodamiento
 n = velocidad de giro

Figura 2
 Viscosidad nominal ν_1



ν = viscosidad de funcionamiento
 ϑ = temperatura de funcionamiento
 ν_{40} = viscosidad a +40 °C

Figura 3
 Diagrama V-T
 para aceites minerales



Capacidad de carga y duración de vida

Duración de vida modificada y ampliada

El cálculo de la duración de vida modificada y ampliada L_{nm} estaba normalizado en DIN ISO 281 hoja 1. Desde 2007, dicho cálculo está ahora normalizado internacionalmente en ISO 281. El cálculo asistido por ordenador según DIN ISO 281 hoja 4 está especificado, desde 2008, en ISO/TS 16 281.

L_{nm} se puede calcular según:

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10}$$

L_{nm} 10⁶ revoluciones
Duración de vida modificada y ampliada según ISO 281

a_1 –
Coeficiente de duración de vida para una probabilidad de supervivencia distinta del 90%, ver tabla

a_{ISO} –
Coeficiente de duración de vida para las condiciones de funcionamiento

L_{10} 10⁶ revoluciones
Duración de vida nominal, ver página 42.

Los valores del coeficiente de duración de vida a_1 han sido fijados de nuevo en ISO 281:2007 y difieren de los datos utilizados hasta ahora.

Coeficiente de duración de vida a_1

| Probabilidad de supervivencia % | Duración de vida modificada y ampliada L_{nm} | Coeficiente de duración de vida a_1 |
|------------------------------------|--|--|
| 90 | L_{10m} | 1 |
| 95 | L_{5m} | 0,64 |
| 96 | L_{4m} | 0,55 |
| 97 | L_{3m} | 0,47 |
| 98 | L_{2m} | 0,37 |
| 99 | L_{1m} | 0,25 |
| 99,2 | $L_{0,8m}$ | 0,22 |
| 99,4 | $L_{0,6m}$ | 0,19 |
| 99,6 | $L_{0,4m}$ | 0,16 |
| 99,8 | $L_{0,2m}$ | 0,12 |
| 99,9 | $L_{0,1m}$ | 0,093 |
| 99,92 | $L_{0,08m}$ | 0,087 |
| 99,94 | $L_{0,06m}$ | 0,08 |
| 99,95 | $L_{0,05m}$ | 0,077 |

Coeficiente de duración de vida a_{ISO}

El procedimiento de cálculo estandarizado para el coeficiente de duración de vida a_{ISO} tiene en cuenta, básicamente, las siguientes influencias:

- La carga sobre el rodamiento
- El estado de la lubricación (tipo y viscosidad del lubricante, aditivos, velocidad, tamaño del rodamiento)
- El límite de fatiga del material
- El tipo de rodamiento
- La tensión propia del material
- Las condiciones ambientales
- Las impurezas en el lubricante.

$$a_{ISO} = f \left[\frac{e_C \cdot C_u}{P}, \kappa \right]$$

a_{ISO} – Coeficiente de duración de vida para las condiciones de funcionamiento, *figura 4*, página 48 hasta *figura 7*, página 49

e_C – Coeficiente de duración de vida para las impurezas, ver tabla, página 50

C_u – N
Carga límite de fatiga

P – N
Carga dinámica equivalente

κ –
Relación de viscosidades, ver página 44

Para $\kappa > 4$ hay que considerar que $\kappa = 4$.

Para $\kappa < 0,1$ este procedimiento de cálculo no es aplicable.

Consideración de los aditivos EP en el lubricante

Según ISO 281 pueden considerarse los aditivos EP en el lubricante según lo siguiente:

- Con una relación de viscosidades $\kappa < 1$ y un coeficiente de impurezas $e_C \geq 0,2$, se puede contar con el valor de $\kappa = 1$, utilizando lubricantes EP probados por su eficacia. Si el grado de ensuciamiento es fuerte (coeficiente de impurezas $e_C < 0,2$) la efectividad de los aditivos debe probarse bajo estas condiciones de suciedad. La acreditación de la eficacia de los aditivos EP puede ser realizada en una aplicación real o en el comprobador de rodamientos FE 8, según DIN 51 819-1.

Cuando se cuenta con el valor $\kappa = 1$ en los aditivos EP acreditados por su eficacia, hay que limitar el coeficiente de duración de vida a $a_{ISO} \leq 3$. Si el valor actual κ calculado a_{ISO} es superior a 3 este valor puede ser utilizado para el cálculo.

Capacidad de carga y duración de vida

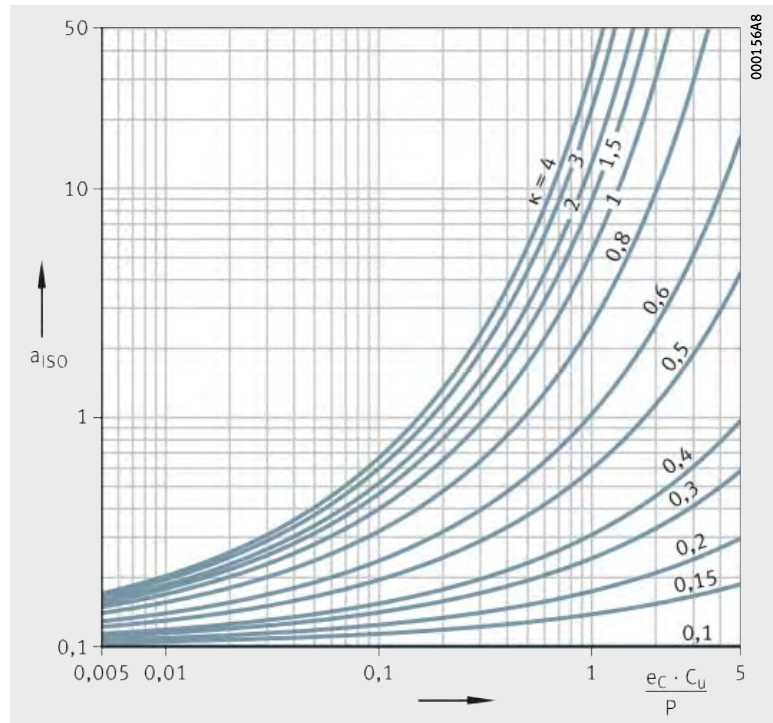


Figura 4
Coeficiente de duración de vida a_{ISO}
para rodamientos radiales
de rodillos

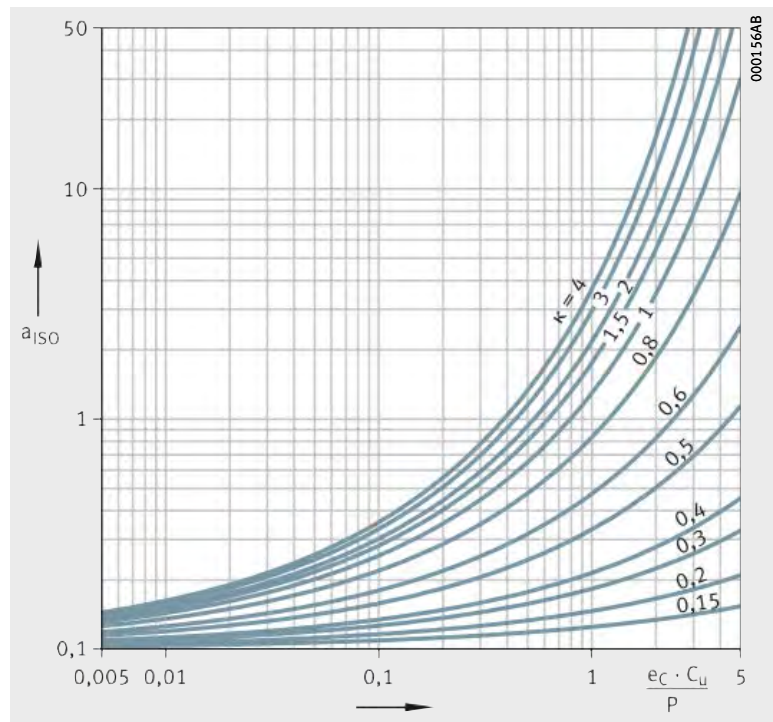


Figura 5
Coeficiente de duración de vida a_{ISO}
para rodamientos axiales
de rodillos

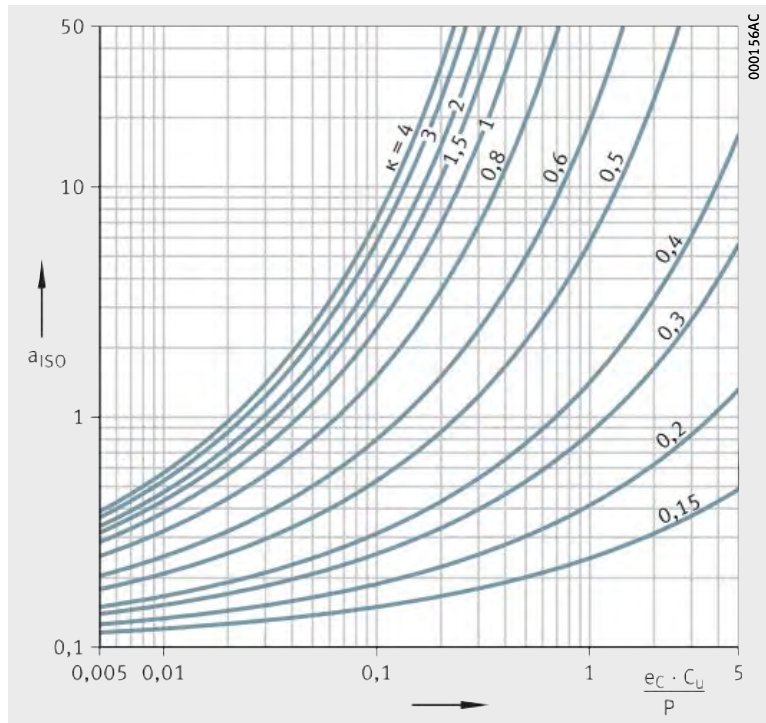


Figura 6
Coeficiente de duración de vida a_{ISO}
para rodamientos radiales a bolas

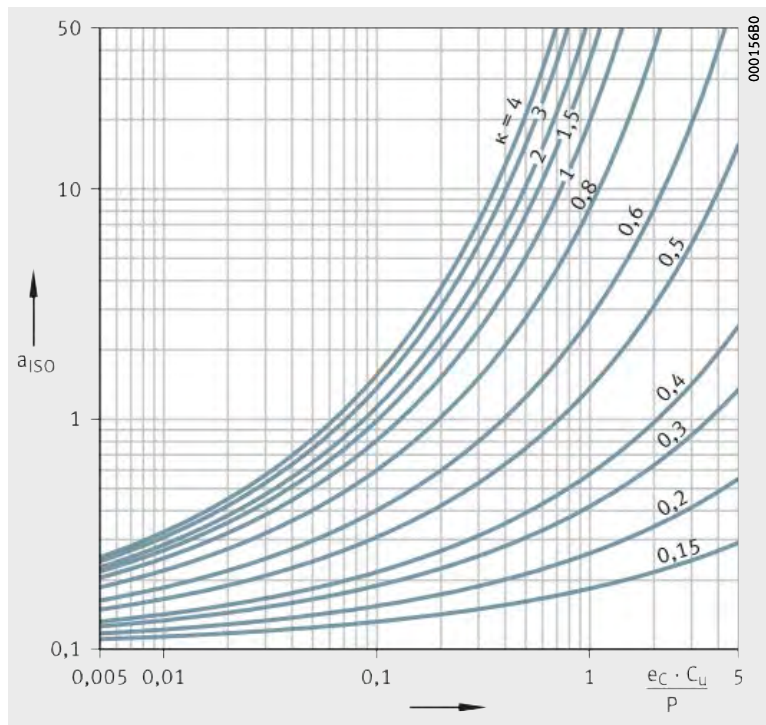


Figura 7
Coeficiente de duración de vida a_{ISO}
para rodamientos axiales a bolas

Capacidad de carga y duración de vida

Carga límite de fatiga

La carga límite de fatiga C_u según ISO 281 está definida como aquella por debajo de la cual, en condiciones de laboratorio, no se produce fatiga en el material.

Coefficiente de duración de vida para las impurezas

El coeficiente de duración de vida e_c para las impurezas tiene en cuenta la influencia de las mismas en la película de lubricante y en la duración de vida, ver tabla.

La duración de vida, reducida por la presencia de partículas sólidas en la película lubricante, depende de:

- El tipo, tamaño, dureza y cantidad de las partículas
- El espesor relativo de la película lubricante
- El tamaño del rodamiento.

Las complejas interacciones entre estas variables determinantes permiten obtener tan sólo valores de referencia aproximados. Los valores de las tablas son válidos para una suciedad con partículas sólidas (coeficiente e_c). No se tienen en cuenta otros tipos de suciedad como, por ejemplo, la suciedad por agua o por otros fluidos.



¡Si el grado de ensuciamiento es fuerte ($e_c \rightarrow 0$) los rodamientos pueden fallar por desgaste! ¡En tal caso, la duración en servicio estará muy por debajo de la vida útil calculada!

Coefficiente e_c

| Suciedad | Coeficiente e_c | |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| | $d_M < 100 \text{ mm}^1$ | $d_M \geq 100 \text{ mm}^1$ |
| Máxima limpieza ■ Tamaño de partícula del orden de la altura de la película lubricante ■ Condiciones de laboratorio | 1 | 1 |
| Mayor limpieza ■ Aceite lubricante filtrado muy finamente ■ Rodamientos obturados y engrasados | 0,8 hasta 0,6 | 0,9 hasta 0,8 |
| Limpieza normal ■ Aceite lubricante filtrado finamente | 0,6 hasta 0,5 | 0,8 hasta 0,6 |
| Poca suciedad ■ Ligera suciedad en el aceite lubricante | 0,5 hasta 0,3 | 0,6 hasta 0,4 |
| Suciedad típica ■ Rodamiento contaminado con abrasión de otros elementos contiguos de la máquina | 0,3 hasta 0,1 | 0,4 hasta 0,2 |
| Elevada suciedad ■ Entorno de los rodamientos muy sucio ■ Obturación insuficiente de la rodadura | 0,1 hasta 0 | 0,1 hasta 0 |
| Suciedad severa | 0 | 0 |

¹⁾ d_M = Diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$.

Valores equivalentes de funcionamiento

Las ecuaciones de duración de vida requieren que la carga sobre el rodamiento P y la velocidad de rotación n del mismo, sean constantes. Si la carga y la velocidad no son constantes, pueden determinarse valores de funcionamiento equivalentes, que tengan el mismo efecto sobre la duración de vida que las solicitaciones que actúan en la realidad.



¡Los valores de funcionamiento aquí calculados tienen en cuenta los coeficientes de duración de vida a_3 o a_{ISO} ! ¡Éstos no deben volver a tenerse en cuenta para el cálculo de la duración de vida modificada!

Velocidad de rotación y carga variables

Si la carga y la velocidad de giro varían en el período de tiempo T, son válidos para la velocidad de giro n y la carga equivalente P:

$$n = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) \cdot dt$$

$$P = \sqrt[3]{\frac{\int_0^T \frac{1}{a(t)} \cdot n(t) \cdot F^p(t) \cdot dt}{\int_0^T n(t) \cdot dt}}$$

Variación escalonada

Si la carga y la velocidad de rotación varían de forma escalonada en el período de tiempo T, para n y P es válido:

$$n = \frac{q_1 \cdot n_1 + q_2 \cdot n_2 + \dots + q_z \cdot n_z}{100}$$

$$P = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{a_i} \cdot q_i \cdot n_i \cdot F_i^p + \dots + \frac{1}{a_z} \cdot q_z \cdot n_z \cdot F_z^p}{q_i \cdot n_i + \dots + q_z \cdot n_z}}$$

Carga variable con velocidad de giro constante

Si la función F describe la variación de la carga en el período de tiempo T y la velocidad de giro es constante, es válido para P:

$$P = \sqrt[3]{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{a(t)} \cdot F^p(t) \cdot dt}$$

Carga variable de manera escalonada con velocidad de giro constante

Si la carga varía de forma escalonada en el período de tiempo T y la velocidad de giro es constante, es válido para P:

$$P = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{a_i} \cdot q_i \cdot F_i^p + \dots + \frac{1}{a_z} \cdot q_z \cdot F_z^p}{100}}$$

Carga constante con velocidad de giro variable

Si la velocidad de giro varía y la carga es constante, es válido:

$$n = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{a(t)} \cdot n(t) \cdot dt$$

Capacidad de carga y duración de vida

Carga constante con velocidad de giro variable de manera escalonada

Si la velocidad de rotación varía de forma escalonada, es válido:

$$n = \frac{\frac{1}{a_i} \cdot q_i \cdot n_i + \dots + \frac{1}{a_z} \cdot q_z \cdot n_z}{100}$$

Para movimientos oscilantes del rodamiento

La velocidad de rotación equivalente se calcula:

$$n = n_{osc} \cdot \frac{\varphi}{180^\circ}$$



¡La ecuación sólo es válida si el ángulo de oscilación es mayor que el doble del ángulo de división de los elementos rodantes! ¡En caso de que el ángulo de oscilación sea menor, hay peligro de formación de estrías!

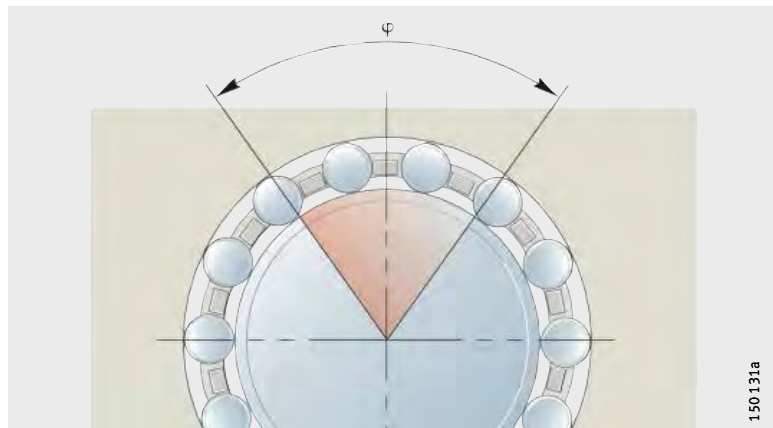


Figura 8
Ángulo de oscilación φ

Denominaciones, unidades y significados

| | |
|---|-------------------|
| n | min^{-1} |
| Velocidad media de rotación | |
| T | min |
| Período de tiempo considerado | |
| P | N |
| Carga equivalente sobre el rodamiento | |
| p | – |
| Exponente de duración de vida; para rodamientos de rodillos: $p = 10/3$ y para rodamientos a bolas: $p = 3$ | |
| $a_i, a(t)$ | – |
| Coeficiente de duración de vida a_{ISO} para cada condición de funcionamiento, ver página 47 | |
| $n_i, n(t)$ | min^{-1} |
| Velocidad de rotación en cada condición de funcionamiento | |
| q_i | % |
| Porcentaje de tiempo de participación de cada condición variable, respecto al tiempo total de funcionamiento; $q_i = (\Delta t_i / T) \cdot 100$ | |
| $F_i, F(t)$ | N |
| Carga sobre el rodamiento, en cada condición de funcionamiento | |
| n_{osc} | min^{-1} |
| Frecuencia del movimiento de vaivén | |
| φ | $^\circ$ |
| Ángulo de oscilación, <i>figura 8</i> . | |

Duración de vida necesaria



Si no existen datos previos sobre la duración de vida, se pueden tomar valores de referencia de las tablas.

¡No sobredimensionar los rodamientos! ¡Si la duración de vida calculada > 60 000 h, la rodadura está sobredimensionada!
¡Respetar la carga mínima de los rodamientos, ver las instrucciones de diseño y seguridad facilitadas en los capítulos de producto!

Vehículos

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|--|-----------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Motocicletas | 400 | 2 000 | 400 | 2 400 |
| Transmisiones de automóviles | 500 | 1 100 | 500 | 1 200 |
| Rodamientos para turismos (cajas de cambios) | 200 | 500 | 200 | 500 |
| Ruedas de turismos | 1 400 | 5 300 | 1 500 | 7 000 |
| Vehículos industriales ligeros | 2 000 | 4 000 | 2 400 | 5 000 |
| Vehículos industriales medios | 2 900 | 5 300 | 3 600 | 7 000 |
| Vehículos industriales pesados | 4 000 | 8 800 | 5 000 | 12 000 |
| Autobuses | 2 900 | 11 000 | 3 600 | 16 000 |
| Motores de combustión interna | 900 | 4 000 | 900 | 5 000 |

Vehículos sobre raíles

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|--|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Rodamientos de ruedas de ferrocarril | 7 800 | 21 000 | – | – |
| Vagones de tranvía | – | – | 35 000 | 50 000 |
| Vagones de viajeros | – | – | 20 000 | 35 000 |
| Vagones de mercancías | – | – | 20 000 | 35 000 |
| Vagones de tierras | – | – | 20 000 | 35 000 |
| Automotor | – | – | 35 000 | 50 000 |
| Locomotoras, rodamientos exteriores | – | – | 35 000 | 50 000 |
| Locomotoras, rodamientos interiores | – | – | 75 000 | 110 000 |
| Reductores para vehículos sobre raíles | 14 000 | 46 000 | 20 000 | 75 000 |

Construcción naval

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Rodamientos de empuje para barcos | – | – | 20 000 | 50 000 |
| Rodamientos de apoyo de la hélice | – | – | 50 000 | 200 000 |
| Reductores marinos grandes | 14 000 | 46 000 | 20 000 | 75 000 |
| Reductores marinos pequeños | 4 000 | 14 000 | 5 000 | 20 000 |
| Motores para botes | 1 700 | 7 800 | 2 000 | 10 000 |

Maquinaria agrícola

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------------------|-------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Tractores agrícolas | 1 700 | 4 000 | 2 000 | 5 000 |
| Máquinas agrícolas autopropulsadas | 1 700 | 4 000 | 2 000 | 5 000 |
| Máquinas de trabajo estacional | 500 | 1 700 | 500 | 2 000 |

Capacidad de carga y duración de vida

Maquinaria para la construcción

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|---|-----------------------------------|-------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Apisonadoras, cargadoras | 4 000 | 7 800 | 5 000 | 10 000 |
| Excavadoras, disp. de traslación | 500 | 1 700 | 500 | 2 000 |
| Excavadoras, mecanismo de giro | 1 700 | 4 000 | 2 000 | 5 000 |
| Apisonadoras de rodillo vibratorio, transportadores vibratorios | 1 700 | 4 000 | 2 000 | 5 000 |
| Elementos vibratorios | 500 | 1 700 | 500 | 2 000 |

Motores eléctricos

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|---|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Motores eléctricos para electrodomésticos | 1 700 | 4 000 | – | – |
| Motores eléctricos de serie | 21 000 | 32 000 | 35 000 | 50 000 |
| Motores de gran potencia | 32 000 | 63 000 | 50 000 | 110 000 |
| Motores eléctricos para vehículos | 14 000 | 21 000 | 20 000 | 35 000 |

Laminadores, instalaciones de minería

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Laminadores | 500 | 14 000 | 500 | 20 000 |
| Reductores para laminación | 14 000 | 32 000 | 20 000 | 50 000 |
| Caminos de rodillos accionados | 7 800 | 21 000 | 10 000 | 35 000 |
| Máquinas de fundición centrífuga | 21 000 | 46 000 | 35 000 | 75 000 |

Máquinas-herramienta

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Husillos de tornos y de fresadoras | 14 000 | 46 000 | 20 000 | 75 000 |
| Husillos de taladradoras | 14 000 | 32 000 | 20 000 | 50 000 |
| Husillos de rectificadoras | 7 800 | 21 000 | 10 000 | 35 000 |
| Husillos portapieza de rectificadoras | 21 000 | 63 000 | 35 000 | 110 000 |
| Reductores para máquinas-herramienta | 14 000 | 32 000 | 20 000 | 50 000 |
| Prensas, volantes de inercia | 21 000 | 32 000 | 35 000 | 50 000 |
| Prensas, eje excéntrico | 14 000 | 21 000 | 20 000 | 35 000 |
| Herramientas eléctricas y neumáticas | 4 000 | 14 000 | 5 000 | 20 000 |

Máquinas para trabajar la madera

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|---|-----------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Husillos de fresadoras y ejes de cuchillas | 14 000 | 32 000 | 20 000 | 50 000 |
| Sierras alternativas, rodamientos principales | – | – | 35 000 | 50 000 |
| Sierras alternativas, rodamientos de biela | – | – | 10 000 | 20 000 |
| Sierras circulares | 4 000 | 14 000 | 5 000 | 20 000 |

**Reductores
en la construcción
de máquinas en general**

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Reductores universales | 4 000 | 14 000 | 5 000 | 20 000 |
| Motoreductores | 4 000 | 14 000 | 5 000 | 20 000 |
| Grandes reductores estacionarios | 14 000 | 46 000 | 20 000 | 75 000 |

Técnica de transporte

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|--|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Transportadores de cinta a cielo abierto | – | – | 75 000 | 150 000 |
| Rodillos de cintas transportadoras a cielo abierto | 46 000 | 63 000 | 75 000 | 110 000 |
| Rodillos de cintas transportadoras en general | 7 800 | 21 000 | 10 000 | 35 000 |
| Tambores de cinta | – | – | 50 000 | 75 000 |
| Excavadoras con rueda de cangilones, accionamiento de traslación | 7 800 | 21 000 | 10 000 | 35 000 |
| Excavadoras con rueda de cangilones, rueda de cangilones | – | – | 75 000 | 200 000 |
| Excavadoras con rueda de cangilones, accionamiento de la rueda de cangilones | 46 000 | 83 000 | 75 000 | 150 000 |
| Poleas del cable de extracción | 32 000 | 46 000 | 50 000 | 75 000 |
| Poleas de cables | 7 800 | 21 000 | 10 000 | 35 000 |

**Bombas, ventiladores,
compresores**

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|---|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Ventiladores, soplantes | 21 000 | 46 000 | 35 000 | 75 000 |
| Soplantes de grandes dimensiones | 32 000 | 63 000 | 50 000 | 110 000 |
| Bombas de pistones | 21 000 | 46 000 | 35 000 | 75 000 |
| Bombas centrífugas | 14 000 | 46 000 | 20 000 | 75 000 |
| Bombas hidráulicas de pistones axiales y radiales | 500 | 7 800 | 500 | 10 000 |
| Bombas de engranajes | 500 | 7 800 | 500 | 10 000 |
| Compactadoras, compresores | 4 000 | 21 000 | 5 000 | 35 000 |

Centrífugas, agitadores

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|--------------------|-----------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Centrífugas | 7 800 | 14 000 | 10 000 | 20 000 |
| Grandes agitadores | 21 000 | 32 000 | 35 000 | 50 000 |

Maquinaria textil

| Aplicación en | Duración de vida recomendada h | | | |
|---|--------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Continuas de hilar, husillos de hilar | 21 000 | 46 000 | 35 000 | 75 000 |
| Telares automáticos, tricotosas, bordadoras | 14 000 | 32 000 | 20 000 | 50 000 |

Capacidad de carga y duración de vida

Tratamiento del plástico

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------------------|--------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Extrusionadoras de tornillo sin fin | 14 000 | 21 000 | 20 000 | 35 000 |
| Calandras de caucho y plástico | 21 000 | 46 000 | 35 000 | 75 000 |

Machacadoras, molinos, cribas

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|---|-----------------------------------|-------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Machacadoras de mandíbulas | – | – | 20 000 | 35 000 |
| Molinos cónicos, trituradoras | – | – | 20 000 | 35 000 |
| Molinos batidores, molinos de martillos, molinos por rebote | – | – | 50 000 | 110 000 |
| Molinos horizontales de bolas | – | – | 50 000 | 100 000 |
| Molinos vibratorios | – | – | 5 000 | 20 000 |
| Molinos de solera | – | – | 50 000 | 110 000 |
| Cribas vibratorias | – | – | 10 000 | 20 000 |
| Prensas para aglomerados | – | – | 35 000 | 50 000 |
| Rodillos-guía de hornos giratorios | – | – | 50 000 | 110 000 |

Máquinas para el papel y maquinaria de impresión

| Aplicación en | Duración de vida recomendada en h | | | |
|--|-----------------------------------|--------|--------------------|---------|
| | Rodam. a bolas | | Rodam. de rodillos | |
| | desde | hasta | desde | hasta |
| Máquinas para el papel, sección húmeda | – | – | 110 000 | 150 000 |
| Máquinas para el papel, sección seca | – | – | 150 000 | 250 000 |
| Máquinas para el papel, sección de refinados | – | – | 80 000 | 120 000 |
| Máquinas para el papel, calandras | – | – | 80 000 | 110 000 |
| Maquinaria de impresión | 32 000 | 46 000 | 50 000 | 75 000 |

Duración en servicio

La duración en servicio es la duración realmente alcanzada por un rodamiento. Puede presentar una considerable desviación respecto a la duración de vida calculada.

Las posibles causas son el desgaste o la fatiga por:

- Parámetros de funcionamiento diferentes
- Error de alineación entre el eje y el alojamiento
- Juego de funcionamiento excesivamente reducido o demasiado elevado
- Suciedad
- Lubricación insuficiente o deficiente
- Temperatura de funcionamiento excesivamente alta
- Movimientos oscilantes del rodamiento, con ángulos de oscilación muy reducidos (formación de estrías)
- Solicitación por vibraciones y formación de estrías
- Cargas a impulsos muy elevados (sobrecarga estática)
- Daños durante en el montaje.



¡Debido al gran número de posibilidades de montaje y de funcionamiento, no puede predecirse exactamente la duración de vida de los rodamientos! ¡El método más seguro es la comparación con casos de aplicación semejantes!

Capacidad de carga axial de los rodamientos de rodillos cilíndricos

Los rodamientos radiales de rodillos cilíndricos INA, en los tipos de construcción de rodamiento de apoyo y de rodamiento fijo, además de elevadas cargas radiales, absorben también considerables cargas axiales, en uno o en ambos sentidos.

La capacidad de carga axial depende de:

- La magnitud de las superficies de contacto entre los bordes de los anillos y las caras frontales de los elementos rodantes
- La velocidad de deslizamiento por los bordes
- La lubricación en las superficies de contacto
- La inclinación del rodamiento.



¡Los bordes que soportan carga deben apoyarse en toda su altura!

¡La carga axial permisible $F_{a\text{ per}}$ no debe ser superada, para evitar temperaturas altas inadmisibles!

¡La carga límite $F_{a\text{ máx}}$ no debe superarse con objeto de evitar presiones superficiales inadmisibles en las superficies de contacto!

¡La relación F_a/F_r no debe superar el valor 0,4!

¡Para los rodamientos de la ejecución TB es permisible el valor 0,6!

¡No está permitida una carga axial permanente sin que exista, al mismo tiempo, una carga radial!

Rodamientos en ejecución TB

Para esta serie, la capacidad de carga axial ha sido mejorada gracias a nuevos métodos de cálculo y de fabricación.

Una curvatura especial de las caras frontales de los rodillos asegura una óptima relación de contacto entre éstos y los bordes.

Por ello, las presiones superficiales axiales en los bordes se han minimizado y se ha logrado la formación de una película lubricante con capacidad de carga aumentada. En condiciones de servicio habituales, se evita la fatiga y el desgaste de las superficies de los bordes y de las caras frontales de los rodillos. También, se reduce el momento de rozamiento axial hasta 50%. Por ello, se alcanza una temperatura en el rodamiento claramente menor.

Carga axial máxima y carga axial permisible

$F_{a\text{ per}}$ y $F_{a\text{ máx}}$ se pueden calcular según:

Rodamientos en ejecución estándar

$$F_{a\text{ per}} = k_S \cdot k_B \cdot d_M^{1,5} \cdot n^{-0,6} \leq F_{a\text{ máx}}$$

Rodamientos en ejecución TB

$$F_{a\text{ per}} = 1,5 \cdot k_S \cdot k_B \cdot d_M^{1,5} \cdot n^{-0,6} \leq F_{a\text{ máx}}$$

Rodamientos en ejecución estándar y TB

$$F_{a\text{ máx}} = 0,075 \cdot k_B \cdot d_M^{2,1}$$

$F_{a\text{ per}}$ N
Carga axial permisible

$F_{a\text{ máx}}$ N
Carga axial límite

k_S –
Coeficiente que depende del sistema de lubricación, ver tabla, página 58

k_B –
Coeficiente que depende de la serie del rodamiento, ver tabla, página 58

d_M mm
Diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$

n min^{-1}
Velocidad de funcionamiento.

Capacidad de carga y duración de vida

Posición inclinada del eje



¡La posición inclinada del eje debida, por ejemplo, a la flexión del mismo, puede conducir a tensiones alternas en el borde del anillo interior!

¡En este caso, y para una inclinación del rodamiento de, máximo 2 minutos de ángulo, la carga axial F_{as} debe limitarse según la ecuación!

$$F_{as} = 20 \cdot d_M^{1,42}$$

¡Para inclinaciones más fuertes, es necesario efectuar un análisis separado de resistencia!

Coefficiente k_S para el sistema de lubricación

| Sistemas de lubricación ¹⁾ | Coefficiente k_S |
|--|--------------------|
| Mínima evacuación de calor, lubricación por goteo de aceite, lubricación por niebla de aceite, viscosidad de funcionamiento reducida ($\nu < 0,5 \cdot \nu_1$) | 7,5 hasta 10 |
| Poca evacuación de calor, lubricación por baño de aceite, lubricación por niebla de aceite, bajo rendimiento del aceite | 10 hasta 15 |
| Buena evacuación de calor, lubricación por circulación de aceite (aceite a presión) | 12 hasta 18 |
| Muy buena evacuación de calor, lubricación por circulación de aceite con refrigeración del mismo en el retorno, elevada viscosidad de funcionamiento ($\nu > 2 \cdot \nu_1$) | 16 hasta 24 |

¹⁾ El requisito para estos valores de k_S es la viscosidad nominal ν_1 según el capítulo Lubricación con aceite. Se recomiendan lubricantes con aditivos, por ejemplo CLP (DIN 51 517) y HLP (DIN 51 524 de las clases de viscosidad ISO-VG32 hasta 460 así como aceites ATF (DIN 51 502) y aceites de cajas de cambios (DIN 51 512) de las clases de viscosidad SAE 75 W hasta 140 W.

Coefficiente k_B de tipo de rodamiento

| Serie | Coefficiente k_B |
|--|--------------------|
| SL1818, SL0148 | 4,5 |
| SL1829, SL0149 | 11 |
| SL1830, SL1850 | 17 |
| SL1822 | 20 |
| LSL1923, ZSL1923 | 28 |
| SL1923 | 30 |
| NJ2..-E, NJ22..-E, NUP2..-E, NUP22..-E | 15 |
| NJ3..-E, NJ23..-E, NUP3..-E, NUP23..-E | 20 |
| NJ4 | 22 |

Capacidad de carga estática

Cuando una carga elevada se aplica en estado de reposo o en forma de golpes a un rodamiento, en las pistas de rodadura y en los elementos rodantes pueden producirse deformaciones plásticas. Estas deformaciones, referidas a los ruidos todavía admisibles en la marcha del rodamiento, conducen al concepto de capacidad de carga estática.

Los rodamientos sin movimiento, o con movimiento de rotación ocasional, se dimensionan en base a la capacidad de carga estática C_0 .

Ésta es, según DIN ISO 76:

- Para rodamientos radiales, una carga radial constante C_{0r}
- Una carga axial constante C_{0a} aplicada en el centro de los rodamientos axiales.

La capacidad de carga estática C_0 es la carga bajo la cual la presión de Hertz entre los elementos rodantes y las pistas de rodadura, en el punto de máxima carga, alcanza los siguientes valores:

- En rodamientos de rodillos $4\,000\text{ N/mm}^2$
- En rodamientos a bolas $4\,200\text{ N/mm}^2$
- En rodamientos oscilantes de bolas $4\,600\text{ N/mm}^2$.

En condiciones normales de contacto, esta carga tiene como consecuencia una deformación permanente total de, aproximadamente, $1/10\,000$ del diámetro de los elementos rodantes.

Coefficiente de seguridad estática



¡Adicionalmente, para el dimensionado según la duración de vida a la fatiga, es necesaria una comprobación del coeficiente de seguridad estática! ¡Tener en cuenta los valores de referencia y las cargas de choque que se pueden producir durante el funcionamiento, ver la tabla, página 60!

El coeficiente de seguridad estática S_0 es la relación entre la capacidad de carga estática C_0 y la carga estática equivalente P_0 :

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

S_0 –
Coeficiente de seguridad estática
 C_0 (C_{0r} , C_{0a}) N
Capacidad de carga estática
 P_0 (P_{0r} , P_{0a}) N
Carga estática equivalente, radial o axial, ver página 60.



¡Para los valores orientativos para rodamientos axiales oscilantes de rodillos y rodamientos de precisión, ver la descripción de producto correspondiente!

¡Para casquillos de agujas S_0 debe ser ≥ 3 !

Capacidad de carga y duración de vida

Valores orientativos para el coeficiente de seguridad estática

| Condiciones de funcionamiento | Coeficiente de seguridad estática S_0 | |
|--|---|--------------------------|
| | Para rodamientos de rodillos | Para rodamientos a bolas |
| Funcionamiento suave y normal, con bajas vibraciones y con requisitos poco severos para la suavidad de marcha; rodamientos con reducida oscilación | $\cong 1$ | $\cong 0,5$ |
| Funcionamiento normal, con requisitos más elevados para la suavidad de marcha | $\cong 2$ | $\cong 1$ |
| Funcionamiento con considerables cargas de impactos o choques | $\cong 3$ | $\cong 2$ |
| Rodaduras con elevados requisitos de precisión de rotación y suavidad de marcha | $\cong 4$ | $\cong 3$ |

Carga estática equivalente

La carga estática equivalente P_0 es un valor que se obtiene por cálculo. Corresponde a una carga radial en rodamientos radiales y a una carga axial y centrada en rodamientos axiales.

P_0 provoca la misma sollicitación en el punto de máxima carga, entre los elementos rodantes y las pistas de rodadura, que la carga combinada real.

$$P_0 = X_0 \cdot F_{0r} + Y_0 \cdot F_{0a}$$

P_0 N
Carga estática equivalente

F_{0r} N
Carga radial estática

F_{0a} N
Carga axial estática

X_0 –
Factor radial, de las tablas de medidas o de la descripción del producto

Y_0 –
Factor axial, de las tablas de medidas o de la descripción del producto.

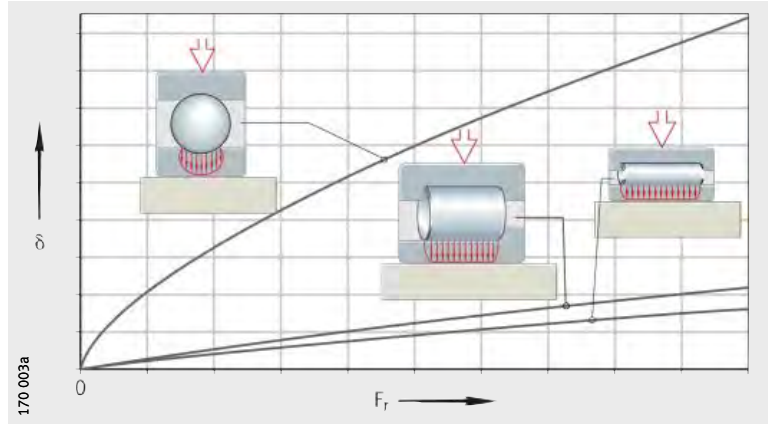


¡Este cálculo no es aplicable a rodamientos radiales de agujas, así como tampoco a rodamientos axiales de agujas ni a rodamientos axiales de rodillos cilíndricos! ¡Para estos rodamientos no son permisibles las cargas combinadas!

¡Para rodamientos radiales de agujas y para todos los rodamientos radiales de rodillos cilíndricos: $P_0 = F_{0r}$!

Rigidez

El tipo constructivo, el tamaño y el juego de funcionamiento determinan la rigidez. La rigidez aumenta con el número de elementos rodantes que soportan la carga. Los rodamientos con contacto lineal son más rígidos que aquellos con contacto puntual, *figura 1*.



δ = desplazamiento
 F_r = carga radial sobre el rodamiento

Figura 1
 Rigidez, en función del tipo de rodamiento

Deformación

Los rodamientos se caracterizan por un factor de elasticidad progresivo. Los valores de desplazamiento pueden calcularse con las ecuaciones simplificadas.



¡Las ecuaciones son válidas para montajes sin errores de alineación, en un entorno rígido!
 ¡En caso de rodamientos axiales, con carga axial centrada!

$$\delta_r = \frac{1}{c_s} \cdot F_r^{0,84} + \frac{s}{2}$$

$$\delta_a = \frac{1}{c_s} \cdot \left[(F_{av} + F_a)^{0,84} - F_{av}^{0,84} \right]$$

$$c_s = K_c \cdot d^{0,65}$$

c_s Factor de rigidez $N^{0,84}/\mu m$

d mm
 Diámetro del agujero del rodamiento

δ_r μm
 Desplazamiento radial entre el eje geométrico y el centro del agujero del rodamiento,
figura 2, página 62

δ_a μm
 Desplazamiento axial entre el disco-eje y el disco-alojamiento,
figura 3, página 62

s μm
 Juego radial de funcionamiento del rodamiento, montado y sin carga

F_r N
 Carga radial

F_a N
 Carga axial

F_{av} N
 Fuerza de precarga axial

K_c -
 Coeficiente para la determinación del factor de rigidez, ver tabla, página 62.

Rigidez

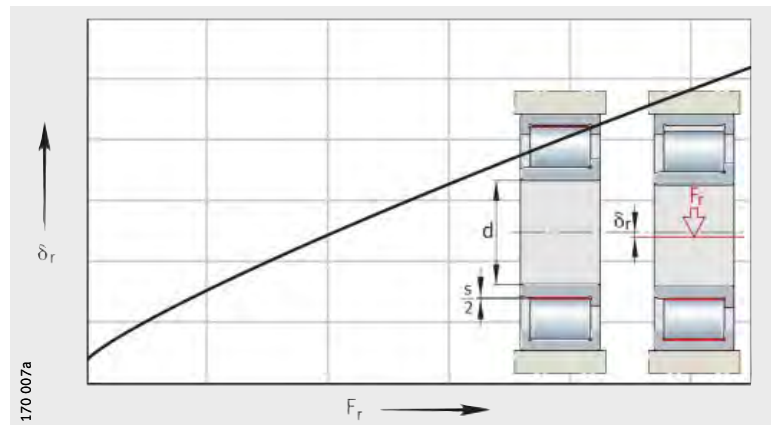
Coefficiente K_c

| Serie del rodamiento | Coefficiente K_c | Serie | Coefficiente K_c |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|
| SL1818 | 12,8 | NJ2..-E | 11,1 |
| SL1829, SL1830, SL1923 | 16 | NJ3..-E | 11,3 |
| SL1850, SL0148, SL0248, SL0249 | 29,2 | NJ22..-E | 15,4 |
| NA48 | 24,9 | NJ23..-E | 16,9 |
| NA49 | 23,5 | NU10 | 9,5 |
| NA69 | 37,3 | NU19 | 11,3 |
| NKIS | 21,3 | NN30..-AS-K | 18,6 |
| NKI | $4,4 \cdot B^{0,8}/d^{0,2}$ | ZNR31-22 | 21,1 |
| HK, BK | $4,2 \cdot C^{0,8}/d^{0,2}$ | ZNR31-23 | 23,2 |
| K811, 811, K812, 812 | 36,7 | ZNR31-30 | 30 |
| K893, 893, K894, 894 | 59,7 | ZNR31-31 | 29,3 |
| | | ZNR31-32 | 28,9 |

Rodamiento radial de rodillos cilíndricos

δ_r = desplazamiento radial
 F_r = carga radial

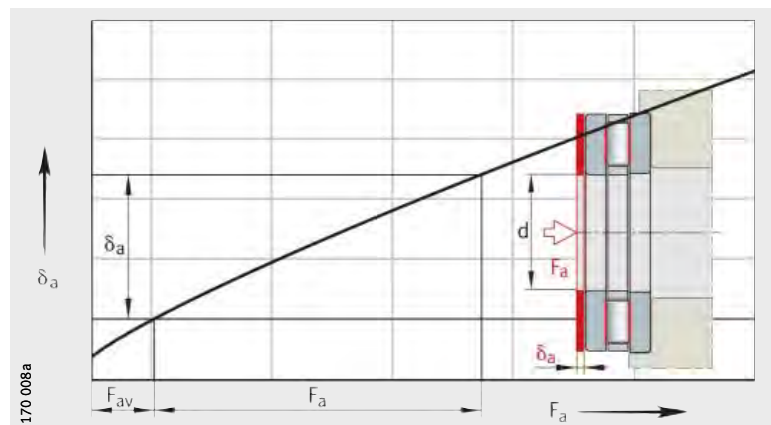
Figura 2
Desplazamiento radial



Rodamiento axial de rodillos cilíndricos

δ_a = desplazamiento axial
 F_a = carga axial
 F_{av} = fuerza de precarga axial

Figura 3
Desplazamiento axial



Rozamiento y temperatura

Rozamiento

El rozamiento desarrollado por un rodamiento está formado por varios componentes, ver tabla. Debido a la gran cantidad de factores de influencia como la velocidad de rotación, la carga, las inclinaciones y ladeos a causa del montaje, etc., el momento real de rozamiento y la potencia real de rozamiento pueden diferir claramente de los valores calculados. Si el momento de rozamiento es un criterio importante para el dimensionado, se ruega consultar con el servicio de ingeniería de Schaeffler.

Componente del rozamiento y factores de influencia

| Componentes del rozamiento | Factores de influencia |
|--|--|
| Rozamiento de rodadura | Magnitud de la carga |
| Rozamiento por deslizamiento de los elementos rodantes Rozamiento de la jaula | Magnitud y dirección de la carga Velocidad de giro y estado del lubricante, estado de rodaje |
| Rozamiento de líquidos (resistencias hidrodinámicas a la fluencia) | Tipo de rodamiento y velocidad de giro Tipo, cantidad y viscosidad de funcionamiento del lubricante |
| Rozamiento de las obturaciones | Tipo constructivo y precarga del labio de la obturación |

El rozamiento de marcha en vacío depende de la cantidad de lubricante, de la velocidad de giro, de la viscosidad de funcionamiento del lubricante, de las obturaciones y del estado de rodaje del rodamiento.

Evacuación de calor

El rozamiento se transforma en calor. Este calor debe ser evacuado del rodamiento. A partir del equilibrio entre potencia de rozamiento y evacuación de calor, se calcula la velocidad de rotación máxima permisible n_{per} , ver página 72.

Evacuación de calor por el lubricante

El aceite lubricante evacúa una parte del calor. Es muy eficaz la lubricación con recirculación de aceite, con refrigeración en el retorno. Las grasas no evacuan el calor.

Evacuación de calor a través del eje y del alojamiento

La evacuación de calor a través del eje y del alojamiento depende de la diferencia de temperatura entre el rodamiento y la temperatura ambiente, *figura 1*.



¡Tener presentes las fuentes de calor próximas adicionales, o la radiación de calor!

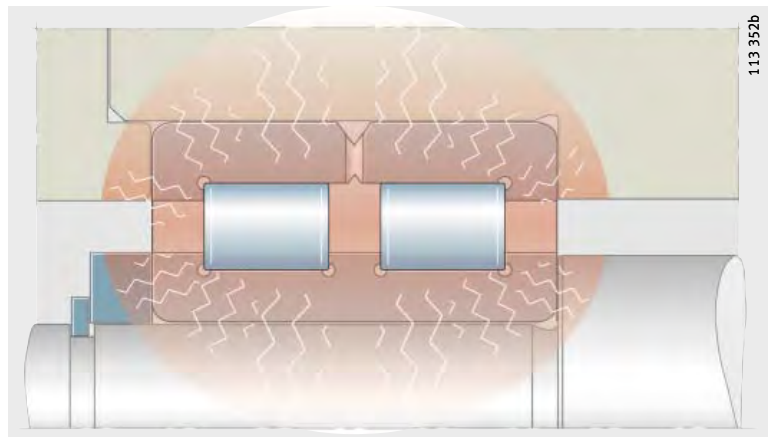


Figura 1
Gradiente de temperatura entre el rodamiento, el eje y el alojamiento

Rozamiento y temperatura

Determinación de los valores del rozamiento

Para ello, deben ser conocidas la velocidad de giro y la carga. El tipo de lubricante, el método de lubricación y la viscosidad del lubricante a la temperatura de funcionamiento son otros factores de cálculo necesarios.

Momento total de rozamiento M_R (para el cálculo de rodamientos de rodillos cilíndricos que soportan cargas axiales, ver página 69):

$$M_R = M_0 + M_1$$

Potencia de rozamiento N_R :

$$N_R = M_R \cdot \frac{n}{9550}$$

Momento de rozamiento en función de la velocidad de giro, para $v \cdot n \geq 2000$:

$$M_0 = f_0 \cdot (v \cdot n)^{2/3} \cdot d_M^3 \cdot 10^{-7}$$

Momento de rozamiento en función de la velocidad de giro, para $v \cdot n < 2000$:

$$M_0 = f_0 \cdot 160 \cdot d_M^3 \cdot 10^{-7}$$

Momento de rozamiento en función de la carga, para rodamientos de agujas y de rodillos cilíndricos:

$$M_1 = f_1 \cdot F \cdot d_M$$

Momento de rozamiento en función de la carga, para rodamientos a bolas, rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos oscilantes de rodillos:

$$M_1 = f_1 \cdot P_1 \cdot d_M$$

M_R Momento total de rozamiento Nmm

M_0 Momento de rozamiento en función de la velocidad Nmm

M_1 Momento de rozamiento en función de la carga Nmm

N_R Potencia de rozamiento W

n Velocidad de funcionamiento min^{-1}

f_0 Coeficiente de tipo de rodamiento, para el momento de rozamiento en función de la velocidad, ver *figura 2*, página 65 y tablas desde página 66 hasta página 68

f_1 Coeficiente de tipo de rodamiento, para el momento de rozamiento en función de la carga, ver tablas desde página 66 hasta página 68

v Viscosidad cinemática del lubricante a la temperatura de funcionamiento. Para las grasaas, es decisiva la viscosidad del aceite base a la temperatura de servicio. mm^2s^{-1}

F_r, F_a Carga radial en rodamientos radiales o carga axial en rodamientos axiales N

P_1 Carga determinante para el momento de rozamiento. Para rodamientos a bolas, rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos oscilantes de rodillos, ver página 68 N

d_M Diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$ mm

Coeficientes de tipo de rodamiento

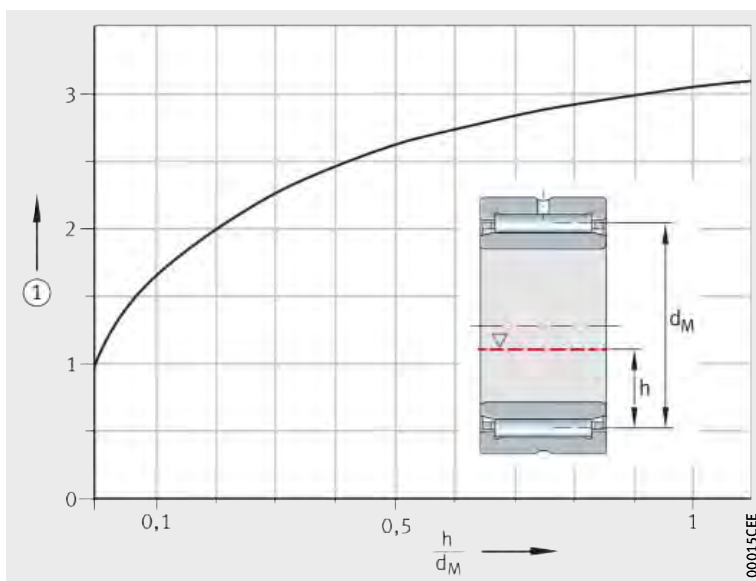
Los coeficientes de tipo de rodamiento f_0 y f_1 son valores medios obtenidos a partir de una serie de ensayos y de las especificaciones correspondientes según ISO 15 312.

Son válidos para rodamientos que ya han rodado, con el lubricante distribuido de manera uniforme. En rodamientos recién engrasados, el coeficiente de tipo de rodamiento f_0 puede ser de dos a cinco veces superior.

En caso de lubricación en baño de aceite, el nivel del aceite debe llegar hasta el centro del elemento rodante más bajo. Si el nivel de aceite es más alto, el coeficiente f_0 puede aumentar hasta tres veces el valor indicado en la tabla, *figura 2*.

f_0 = coeficiente de tipo de rodamiento
 h = nivel de aceite
 d_M = diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$

Figura 2
Aumento del coeficiente de tipo de rodamiento en función del nivel de aceite



Rozamiento y temperatura

Coeficientes de tipo de rodamiento para rodamientos de agujas, casquillos de agujas, casquillos de agujas con fondo y coronas de agujas

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| NA48 | 3 | 5 | 0,0005 |
| NA49 | 4 | 5,5 | |
| RNA48 | 3 | 5 | |
| RNA49 | 4 | 5,5 | |
| NA69 | 7 | 10 | |
| RNA69 | | | |
| NKI, NK, NKIS, NKS, NAO, RNO, K | $(12 \cdot B)/(33 + d)$ | $(18 \cdot B)/(33 + d)$ | |
| HK, BK | $(24 \cdot B)/(33 + d)$ | $(36 \cdot B)/(33 + d)$ | |
| HN | $(30 \cdot B)/(33 + d)$ | $(45 \cdot B)/(33 + d)$ | |

Coeficientes de tipo de rodamiento para rodamientos de rodillos cilíndricos sin jaula

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| SL1818 | 3 | 5 | 0,00055 |
| SL1829 | 4 | 6 | |
| SL1830 | 5 | 7 | |
| SL1822 | 5 | 8 | |
| SL0148, SL0248 | 6 | 9 | |
| SL0149, SL0249 | 7 | 11 | |
| SL1923 | 8 | 12 | |
| SL1850 | 9 | 13 | |

Coeficientes de tipo de rodamiento para rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|---------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| LSL1923 | 1 | 3,7 | 0,00020 |
| ZSL1923 | 1 | 3,8 | 0,00025 |
| 2..-E | 1,3 | 2 | 0,00030 |
| 3..-E | | | 0,00035 |
| 4 | | | 0,00040 |
| 10, 19 | | | 0,00020 |
| 22..-E | | | 2 |
| 23..-E | 2,7 | 4 | 0,00040 |
| 30 | 1,7 | 2,5 | 0,00040 |

Coeficientes de tipo de rodamiento para rodamientos axiales de rodillos

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|-----------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| AXK, AXW | 3 | 4 | 0,0015 |
| 811, K811 | 2 | 3 | |
| 812, K812 | | | |
| 893, K893 | | | |
| 894, K894 | | | |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos combinados

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| ZARN, ZARF | 3 | 4 | 0,0015 |
| NKXR | 2 | 3 | |
| NX, NKX | 2 | 3 | $0,001 \cdot (F_a/C_0)^{0,33}$ |
| ZKLN, ZKLF | 4 | 6 | |
| NKIA, NKIB | 3 | 5 | 0,0005 |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos de rodillos cónicos

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|---|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| 302, 303, 320, 329, 330, T4CB, T7FC | 2 | 3 | 0,0004 |
| 313, 322, 323, 331, 332, T2EE, T2ED, T5ED | 3 | 4,5 | |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos axiales y radiales oscilantes de rodillos

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|----------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| 213 | 2,3 | 3,5 | $0,0005 \cdot (P_0/C_0)^{0,33}$ |
| 222 | 2,7 | 4 | |
| 223 | 3 | 4,5 | $0,0008 \cdot (P_0/C_0)^{0,33}$ |
| 230, 239 | | | $0,00075 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 231 | 3,7 | 5,5 | $0,0012 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 232 | 4 | 6 | $0,0016 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 240 | 4,3 | 6,5 | $0,0012 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 241 | 4,7 | 7 | $0,0022 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 292..-E | 1,7 | 2,5 | 0,00023 |
| 293..-E | 2 | 3 | 0,00030 |
| 294..-E | 2,2 | 3,3 | 0,00033 |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos rígidos a bolas

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|---|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| 618, 618..-2Z, (2RSR) | 1,1 | 1,7 | $0,0005 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 160 | 1,1 | 1,7 | $0,0007 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 60, 60..-2RSR, 60..-2Z, 619, 619..-2Z, (2RSR) | 1,1 | 1,7 | |
| 622..-2RSR | 1,1 | – | $0,0009 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 623..-2RSR | 1,1 | – | |
| 62, 62..-2RSR, 62..-2Z | 1,3 | 2 | |
| 63, 63..-2RSR, 63..-2Z | 1,5 | 2,3 | |
| 64 | 1,5 | 2,3 | $0,0010 \cdot (P_0/C_0)^{0,5}$ |
| 42..-B | 2,3 | 3,5 | |
| 43..-B | 4 | 6 | |

Rozamiento y temperatura

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos a bolas de contacto angular

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| 70...-B, 70...-B-2RS | 1,3 | 2 | $0,001 \cdot (P_0/C_0)^{0,33}$ |
| 718...-B, 72...-B, 72...-B-2RS | | | |
| 73...-B, 73...-B-2RS | 2 | 3 | |
| 30...-B, 30...-B-2RSR, 30...-B-2Z | 2,3 | 3,5 | |
| 32...-B, 32...-B-2RSR, 32...-B-2Z, 32 | | | |
| 38...-B, 38...-B-2RSR, 38...-B-2Z | | | |
| 33...-B, 33...-B-2RSR, 33, 33...-DA | 4 | 6 | |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos oscilantes de bolas

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|-------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| 12 | 1 | 2,5 | $0,0003 \cdot (P_0/C_0)^{0,4}$ |
| 13 | 1,3 | 3,5 | |
| 22 | 1,7 | 3 | |
| 23 | 2 | 4 | |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos con cuatro puntos de contacto

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|----------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| QJ2, QJ3 | 2,7 | 4 | $0,001 \cdot (P_0/C_0)^{0,33}$ |

Coefficientes de tipo de rodamiento para rodamientos axiales a bolas

| Serie | Coeficiente de tipo de rodam. f_0 | | Coeficiente de tipo de rodamiento f_1 |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
| | Grasa, niebla de aceite | Baño o circulac. de aceite | |
| 511, 512, 513, 514, 532, 533 | 1 | 1,5 | $0,0012 \cdot (F_a/C_0)^{0,33}$ |
| 522, 523, 524, 542, 543 | 1,3 | 2 | |

Carga determinante para rodamientos a bolas, rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos oscilantes de rodillos

| Tipo de rodamiento | Rodam. individuales P_1 | Parejas de rodam. P_1 |
|---|---|--|
| Rodamientos rígidos a bolas | $3,3 \cdot F_a - 0,1 \cdot F_r$ | — |
| Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera | $F_a - 0,1 \cdot F_r$ | $1,4 \cdot F_a - 0,1 \cdot F_r$ |
| Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras | $1,4 \cdot F_a - 0,1 \cdot F_r$ | — |
| Rodamientos con cuatro puntos de contacto | $1,5 \cdot F_a + 3,6 \cdot F_r$ | — |
| Rodamientos de rodillos cónicos | $2 \cdot Y \cdot F_a$ ó F_r , utilizar el valor mayor | $1,21 \cdot Y \cdot F_a$ ó F_r , utilizar el valor mayor |
| Rodamientos oscilantes de rodillos | $1,6 \cdot F_a/e$ si $F_a/F_r > e$ $F_r \{1 + 0,6 \cdot [F_a/(e \cdot F_r)]^3\}$ si $F_a/F_r \leq e$. | |



¡Para $P_1 \leq F_r$ es válido $P_1 = F_r$!

Rodamientos de rodillos cilíndricos que soportan cargas axiales

En rodamientos de rodillos cilíndricos con carga axial, el rozamiento por deslizamiento entre las caras frontales de los elementos rodantes y los bordes de los anillos es la causa del momento de rozamiento adicional M_2 .

El momento total de rozamiento se calcula así:

$$M_R = M_0 + M_1 + M_2$$

$$M_2 = f_2 \cdot F_a \cdot d_M$$

$$A = k_B \cdot 10^{-3} \cdot d_M^{2,1}$$

| | |
|---|-----|
| M_R | Nmm |
| Momento total de rozamiento | |
| M_0 | Nmm |
| Momento de rozamiento en función de la velocidad | |
| M_1 | Nmm |
| Momento de rozamiento en función de la carga radial | |
| M_2 | Nmm |
| Momento de rozamiento en función de la carga axial | |
| f_2 | – |
| Coefficiente que depende de la serie del rodamiento, <i>figura 3 y figura 4</i> , página 70 | |
| A | – |
| Valor característico del tipo de rodamiento según fórmula | |
| F_a | N |
| Carga axial dinámica | |
| k_B | – |
| Coefficiente que depende de la serie del rodamiento, ver tabla, página 70 | |
| d_M | mm |
| Diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$. | |



¡Los coeficientes de tipo de rodamiento f_2 están sujetos a fuertes dispersiones! ¡Son válidos para lubricación por circulación de aceite con una cantidad suficiente del mismo! ¡No extrapolar las líneas características, *figura 3 y figura 4*, página 70!

Rodamientos en ejecución TB

Para los rodamientos en ejecución TB, la capacidad de carga axial ha sido claramente mejorada gracias a nuevos métodos de cálculo y de fabricación.

Una curvatura especial de las caras frontales de los rodillos asegura una óptima relación de contacto entre los rodillos y los bordes.

Por ello, las presiones superficiales axiales en los bordes se han minimizado claramente y se ha logrado la formación de una película lubricante con capacidad de carga aumentada.

En condiciones de funcionamiento habituales, la fatiga y el desgaste de las superficies de los bordes y de las caras frontales de los rodillos se evita completamente.

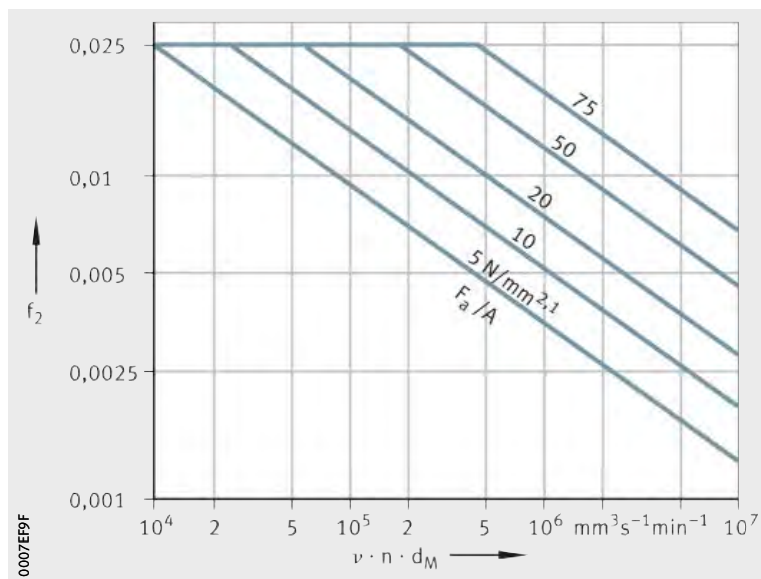
Adicionalmente, se reduce el momento de rozamiento axial hasta 50%. Por ello, se alcanza una temperatura en el rodamiento claramente menor.

Rozamiento y temperatura

Rodamientos de rodillos cilíndricos en ejecución estándar

f_2 = coeficiente de tipo de rodamiento
 F_a = carga axial dinámica
 A = valor característico del tipo de rodamiento
 ν = viscosidad de funcionamiento
 n = velocidad de funcionamiento
 d_M = diámetro medio del rodamiento
 $\nu \cdot n \cdot d_M$ = valor característico de funcionamiento

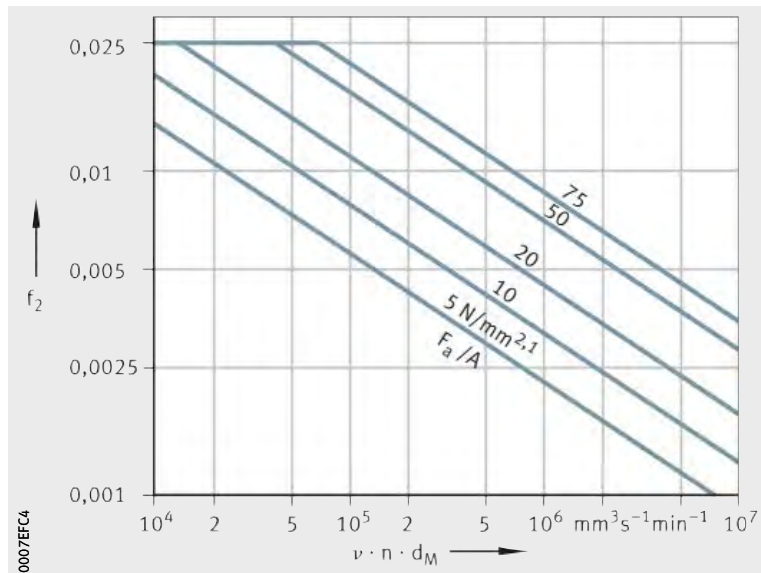
Figura 3
 El coeficiente de tipo de rodamiento f_2 , depende del valor característico de funcionamiento



Rodamientos de rodillos cilíndricos en ejecución TB

f_2 = coeficiente de tipo de rodamiento
 F_a = carga axial dinámica
 A = valor característico del tipo de rodamiento
 ν = viscosidad de funcionamiento
 n = velocidad de funcionamiento
 d_M = diámetro medio del rodamiento
 $\nu \cdot n \cdot d_M$ = valor característico de funcionamiento

Figura 4
 El coeficiente de tipo de rodamiento f_2 , depende del valor característico de funcionamiento



Coefficiente k_B de tipo de rodamiento

| Serie del rodamiento | Coefficiente k_B |
|--|--------------------|
| SL1818, SL0148 | 4,5 |
| SL1829, SL0149 | 11 |
| SL1830, SL1850 | 17 |
| SL1822 | 20 |
| LSL1923, ZSL1923 | 28 |
| SL1923 | 30 |
| NJ2..-E, NJ22..-E, NUP2..-E, NUP22..-E | 15 |
| NJ3..-E, NJ23..-E, NUP3..-E, NUP23..-E | 20 |
| NJ4 | 22 |

Velocidades

Basándose en DIN 732-1 el cálculo de la velocidad de referencia n_B se normalizó en ISO 15 312. El cálculo de la velocidad de referencia ha sido adaptado a esta norma. Por ello, resultan valores modificados, con relación a los datos de catálogo utilizados hasta ahora.

En base a la normalización, los símbolos empleados en las fórmulas han sido adaptados a la norma internacional.

Velocidad de referencia

La velocidad de referencia n_B se utiliza como variable auxiliar para el cálculo de la velocidad máxima permisible n_{per} . Se trata de la velocidad de giro con la cual, en condiciones de referencia definidas, se alcanza una temperatura de funcionamiento de +70 °C.

Condiciones de referencia

Las condiciones de referencia se basan en las típicas condiciones de funcionamiento de los principales tipos constructivos de rodamientos.

En ISO 15 312 están definidas como sigue:

- Temperatura media ambiente $\vartheta_{Ar} = +20$ °C
- Temperatura media en el anillo exterior del rodamiento $\vartheta_r = +70$ °C
- Carga para rodamientos radiales $P_{1r} = 0,05 \cdot C_{0r}$
- Carga para rodamientos axiales $P_{1a} = 0,02 \cdot C_{0a}$
- Las viscosidades de funcionamiento (rodamientos axiales según DIN 732-1) se han elegido de modo que, para la lubricación con aceite y con grasa, se obtengan aproximadamente idénticas velocidades de referencia.
 - Rodamientos radiales: $12 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ (ISO VG 32)
 - Rodamientos axiales oscilantes de rodillos: $24 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ (ISO VG 68)
 - Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y rodamientos axiales de agujas: $48 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ (ISO VG 220)
- Flujo de calor evacuado a través de las superficies de asiento del rodamiento:

Para superficies de asiento de rodamientos radiales
 $A_r \leq 50\,000 \text{ mm}^2$:

$$q_r = 0,016 \text{ W/mm}^2$$

Para superficies de asiento de rodamientos radiales
 $A_r > 50\,000 \text{ mm}^2$:

$$q_r = 0,016 \cdot \left(\frac{A_r}{50\,000} \right)^{-0,34} \text{ W/mm}^2$$

Para superficies de asiento de rodamientos axiales
 $A_r \leq 50\,000 \text{ mm}^2$:

$$q_r = 0,020 \text{ W/mm}^2$$

Para superficies de asiento de rodamientos axiales
 $A_r > 50\,000 \text{ mm}^2$:

$$q_r = 0,020 \cdot \left(\frac{A_r}{50\,000} \right)^{-0,16} \text{ W/mm}^2$$

Velocidades

Velocidad límite

La velocidad límite n_G se ha basado en experiencias prácticas y toma en consideración criterios adicionales, como la suavidad de marcha, la función obturadora y las fuerzas centrífugas.



¡No rebasar la velocidad límite incluso en condiciones de funcionamiento y de refrigeración favorables!

Velocidad máxima permisible

La velocidad máxima permisible n_{per} se calcula según DIN 732-2 (anteproyecto). La base para el cálculo es el balance térmico en el rodamiento, el equilibrio entre la potencia de rozamiento en función de la velocidad de rotación y la evacuación de calor en función de la temperatura. En estado de equilibrio, la temperatura del rodamiento es constante.

La temperatura permisible de funcionamiento determina la velocidad máxima permisible n_{per} del rodamiento.

Los requisitos para el cálculo son: un montaje correcto, un juego de funcionamiento normal y unas condiciones de servicio constantes.

El método de cálculo no es válido para:

- Los rodamientos con obturaciones de contacto, ya que la velocidad de giro máxima está limitada por la velocidad de deslizamiento máxima permisible en el labio obturador
- Los rodillos de apoyo y los rodillos de levas
- Los rodamientos de agujas autoalineables
- Los rodamientos axiales a bolas y los rodamientos a bolas de contacto angular.



¡Tener en cuenta siempre la velocidad límite n_G !

Cálculo de la velocidad máxima permisible

La velocidad máxima permisible n_{per} resulta de la velocidad de referencia n_B y de la relación de velocidades f_n :

$$n_{per} = n_B \cdot f_n$$

La relación de velocidades se obtiene a partir de *figura 1*, página 74:

$$k_L \cdot f_n^{5/3} + k_P \cdot f_n = 1$$

Para el intervalo habitual en la práctica $0,01 < k_L < 10$ y $0,01 < k_P < 10$ f_n puede calcularse mediante una ecuación de aproximación:

$$f_n = \frac{490,77}{1 + 498,78 \cdot k_L^{0,599} + 852,88 \cdot k_P^{0,963} - 504,5 \cdot k_L^{0,055} \cdot k_P^{0,832}}$$

Flujo de calor evacuado a través de las superficies de asiento del rodamiento \dot{Q}_S , *figura 2*, página 74:

$$\dot{Q}_S = k_q \cdot A_r \cdot \Delta\vartheta_A$$

Flujo de calor evacuado por el lubricante \dot{Q}_L :

$$\dot{Q}_L = 0,0286 \frac{\text{kW}}{\text{l/min} \cdot \text{K}} \cdot \dot{V}_L \cdot \Delta\vartheta_L$$

Flujo total de calor evacuado \dot{Q} :

$$\dot{Q} = \dot{Q}_S + \dot{Q}_L - \dot{Q}_E$$

Coefficiente de película lubricante k_L :

$$k_L = 10^{-6} \cdot \frac{\pi}{30} \cdot n_B \cdot \frac{10^{-7} \cdot f_0 \cdot (v \cdot n_B)^{\frac{2}{3}} \cdot d_M^3}{\dot{Q}}$$

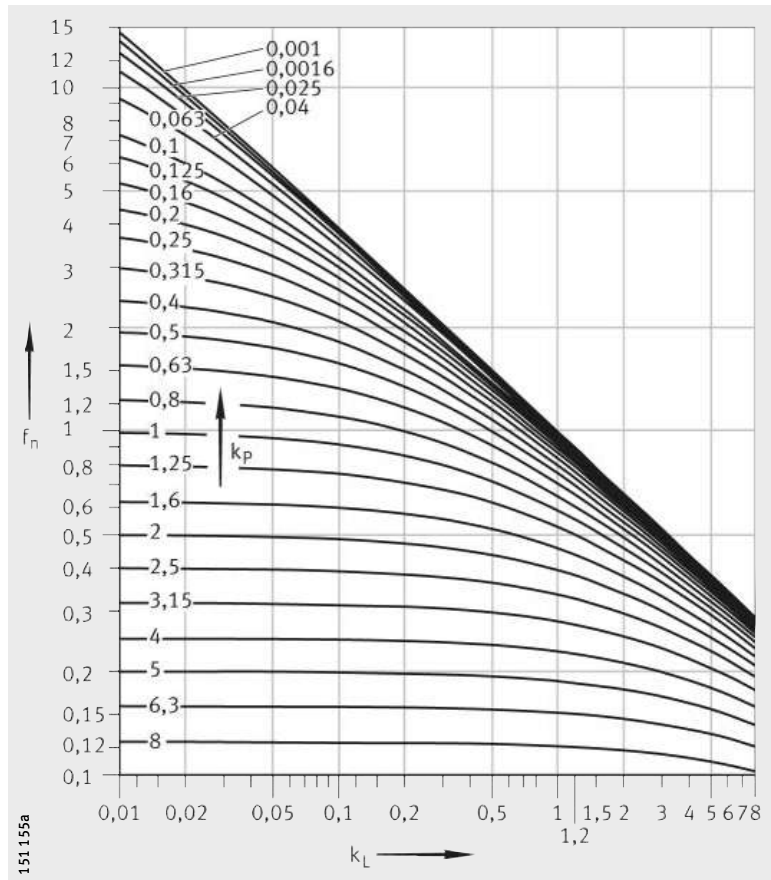
Coefficiente de carga k_P :

$$k_P = 10^{-6} \cdot \frac{\pi}{30} \cdot n_B \cdot \frac{f_1 \cdot P_1 \cdot d_M}{\dot{Q}}$$

Velocidades

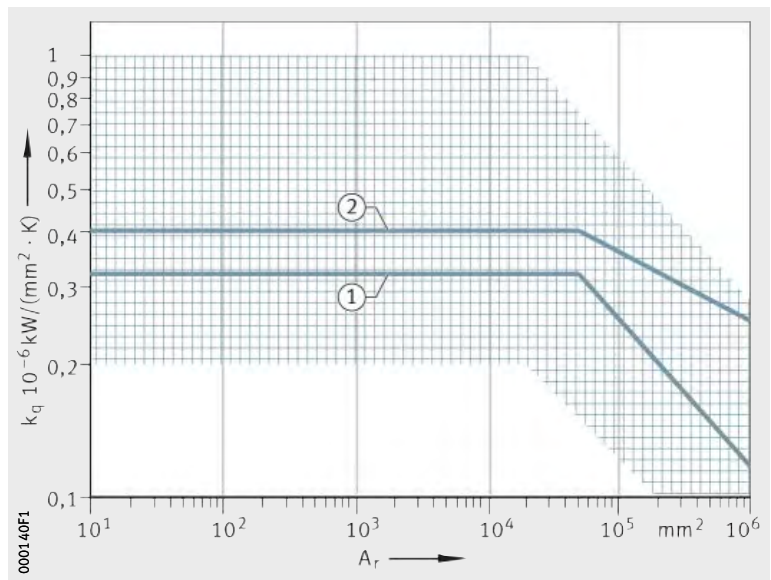
f_n = relación de velocidades
 k_L = coeficiente de película lubricante
 k_p = coeficiente de carga

Figura 1
 Relación de velocidades



① Condiciones de referencia para rodamientos radiales
 ② Condiciones de referencia para rodamientos axiales
 k_q = coeficiente de transmisión térmica
 A_r = superficie de asiento del rodamiento

Figura 2
 Coeficiente de transmisión térmica en función de la superficie de asiento del rodamiento



Denominaciones, unidades y significados

| A_r | mm^2 |
|---|--|
| Superficie de asiento del rodamiento para rodamientos radiales: | $A_r = \pi \times B \times (D + d)$ |
| rodamientos axiales: | $A_r = \pi/2 \times (D^2 - d^2)$ |
| rodamientos de rodillos cónicos: | $A_r = \pi \times T \times (D + d)$ |
| rodamientos axiales oscilantes de rodillos: | $A_r = \pi/4 \times (D^2 + d_1^2 - D_1^2 - d^2)$ |

**Denominaciones,
unidades y significados**
Continuación

| | | |
|---------------------|---|---|
| B | mm | Anchura del rodamiento |
| d | mm | Diámetro del agujero del rodamiento |
| D | mm | Diámetro exterior del rodamiento |
| d_1 | mm | Diámetro exterior del disco-eje |
| D_1 | mm | Diámetro interior del disco-alojamiento |
| d_M | mm | Diámetro medio del rodamiento $(D + d)/2$ |
| f_0 | – | Coefficiente de tipo de rodamiento para el momento de rozamiento en función de la velocidad, ver tabla Rozamiento y temperatura, página 63 |
| f_1 | – | Coefficiente de tipo de rodamiento para el momento de rozamiento en función de la carga, ver tabla Rozamiento y temperatura, página 63 |
| f_n | – | Relación de velocidades, <i>figura 1</i> , página 74 |
| k_L | – | Parámetro de película lubricante |
| k_p | – | Coefficiente de carga |
| k_q | $10^{-6} \text{ kW}/(\text{mm}^2 \cdot \text{K})$ | Coefficiente de transmisión térmica de la superficie de asiento del rodamiento, <i>figura 2</i> , página 74. Depende de la forma y del tamaño del alojamiento, del material del mismo y de la disposición de montaje. Para montajes normales, el coeficiente de transmisión térmica con superficies de asiento del rodamiento de hasta $25\,000 \text{ mm}^2$ está entre $0,2$ y $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ kW}/(\text{mm}^2 \cdot \text{K})$ |
| n_{per} | min^{-1} | Velocidad máxima permisible |
| n_B | min^{-1} | Velocidad de referencia, según las tablas de medidas |
| P_1 | N | Carga radial en rodamientos radiales o carga axial en rodamientos axiales |
| q_r | W/mm^2 | Densidad del flujo de calor |
| \dot{Q} | kW | Flujo total de calor evacuado |
| \dot{Q}_E | kW | Flujo de calor procedente del exterior |
| \dot{Q}_L | kW | Flujo de calor evacuado por el lubricante |
| \dot{Q}_S | kW | Flujo de calor evacuado a través de las superficies de asiento del rodamiento |
| T | mm | Ancho total de un rodamiento de rodillos cónicos |
| \dot{V}_L | l/min | Caudal de aceite |
| $\Delta\vartheta_A$ | K | Diferencia entre la temperatura media del rodamiento y la temperatura ambiente |
| $\Delta\vartheta_L$ | K | Diferencia de temperatura del aceite, entre la salida y la entrada del mismo |
| ν | mm^2s^{-1} | Viscosidad cinemática del lubricante a la temperatura de funcionamiento. |

Lubricación

Fundamentos

Una lubricación correcta y un mantenimiento regular son importantes para un funcionamiento fiable y una prolongada duración de vida de los rodamientos.

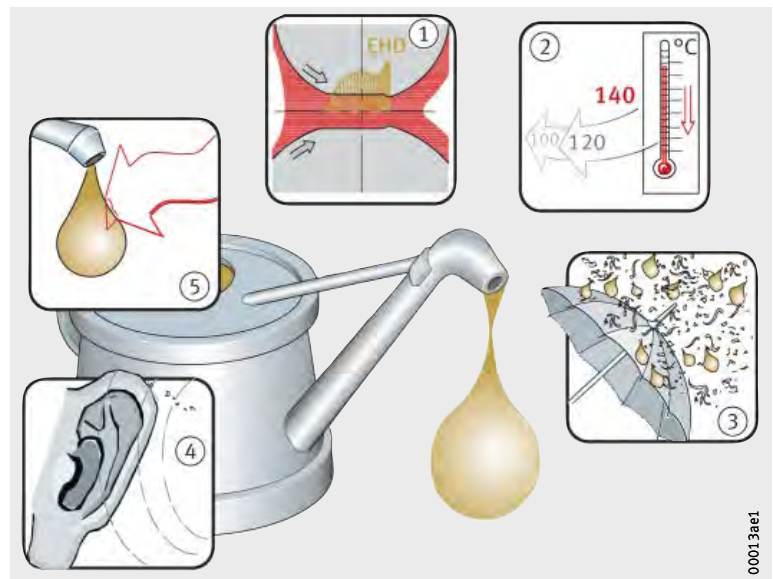
Función del lubricante

El lubricante sirve para, *figura 1*:

- Formar una película lubricante con suficiente capacidad de carga entre las superficies en contacto y evitar, de esta forma, el desgaste y la fatiga prematuras ①
- En la lubricación con aceite, evacuar el calor ②
- En la lubricación con grasa, obturar el rodamiento hacia el exterior para evitar que penetre suciedad sólida o líquida ③
- Amortiguar el ruido de funcionamiento ④
- Proteger contra la corrosión ⑤.

- ① Formar una película lubricante capaz de absorber carga
- ② En la lubricación con aceite, evacuar el calor
- ③ En la lubricación con grasa, obturar el rodamiento hacia el exterior contra las impurezas
- ④ Amortiguar el ruido de funcionamiento
- ⑤ Proteger contra la corrosión

Figura 1
Función del lubricante



00013ae1

Selección del tipo de lubricación

Durante la construcción, definir lo antes posible si los rodamientos se deben lubricar con grasa o aceite.

Para el tipo de lubricación y la cantidad de lubricante son esenciales:

- Las condiciones de funcionamiento
- El tipo y el tamaño del rodamiento
- La construcción anexa
- La forma de aportación del lubricante.

Criterios para la lubricación con grasa

En la lubricación con grasa, deben respetarse los siguientes criterios:

- Costes constructivos muy reducidos
- El efecto obturador
- La capacidad de depósito
- Larga duración en servicio con bajos costes de mantenimiento (según las circunstancias, es posible la lubricación para toda su vida útil)
- Para el reengrase tener en cuenta, en caso necesario, un espacio para la grasa usada y para las conducciones de alimentación
- No hay evacuación de calor por el lubricante
- No hay efecto de lavado de partículas procedentes del desgaste u otras partículas.

Criterios para la lubricación con aceite

En caso de lubricación con aceite, tener en cuenta:

- Buena aportación y distribución de lubricante en el área de contacto
- Es posible la evacuación de calor del rodamiento (importante, especialmente para elevadas velocidades de giro y altas cargas)
- Lavado de partículas procedentes del desgaste
- En caso de lubricación mínima, las pérdidas debidas al rozamiento son muy reducidas
- Se requiere una conducción y unas obturaciones más sofisticadas.

Bajo condiciones de funcionamiento extremas (por ejemplo, altas temperaturas, vacío, entornos agresivos) se pueden realizar, previa consulta con el servicio de ingeniería de Schaeffler, procedimientos especiales de lubricación, como la lubricación mediante lubricantes sólidos.

Lubricación

Diseño de las conducciones de lubricante

Los tubos de conducción y de los agujeros de lubricación en los alojamientos y en los ejes, *figura 2 y figura 3*:

- Deben llevar directamente al punto de lubricación del rodamiento
- Ser lo más cortos posible
- Prever, para cada rodamiento, su propia conducción.



¡Prestar atención a los tubos llenos, *figura 2 y*, si es preciso, purgar el aire!

¡Tener en cuenta las indicaciones del fabricante del dispositivo de engrase!

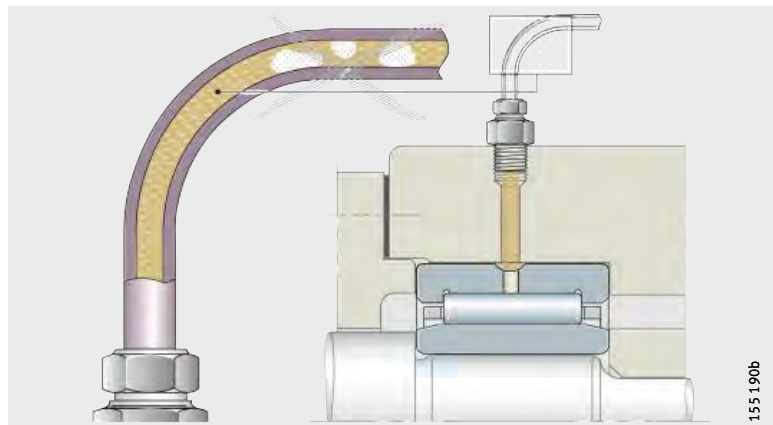


Figura 2
Conducciones de lubricante

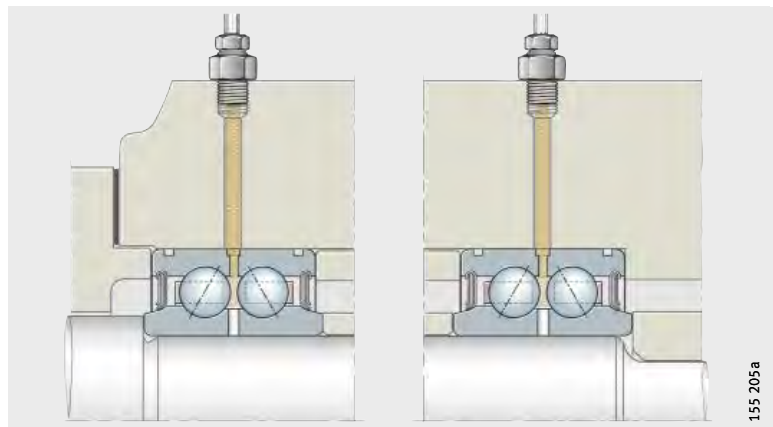


Figura 3
Disposición de las conducciones de lubricante para varios rodamientos sobre un mismo eje

Lubricación con grasa

Las grasas se pueden distinguir por los jabones espesantes, de diferente composición, y por los aceites de base. Para los aceites de base de las grasas, son válidos los datos del apartado Lubricación con aceite, página 96.

Composición de una grasa lubricante

Las grasas habituales contienen, como espesantes, jabones metálicos y un aceite mineral. Además, contienen aditivos. Éstos influyen sobre, por ejemplo, las propiedades respecto a la protección contra el desgaste, la protección anticorrosiva o la resistencia al envejecimiento. Sin embargo, estas combinaciones de aditivos no actúan en todos los campos de temperaturas y de cargas.

Las grasas muestran un comportamiento muy diferente frente a las influencias del medio ambiente, como la temperatura y la humedad.

- ① Espesante
- ② Aditivos
- ③ Aceite base
- ④ Grasa

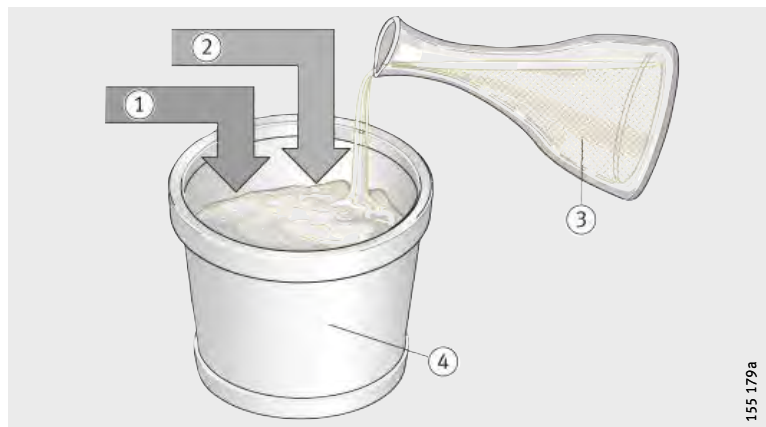


Figura 4
Clase de grasa lubricante



Por principio, la compatibilidad del lubricante debe ser comprobada con respecto a:

- Los lubricantes entre si
- La protección anticorrosiva
- Los plásticos, duroplastos y elastómeros
- Los metales ligeros y las aleaciones no férricas
- Los recubrimientos
- Las pinturas y las lacas
- ¡Respecto a la compatibilidad con el medio ambiente, hay que tener en cuenta, entre otros, la toxicidad, la biodegradabilidad y la clase de amenaza para el agua!

Lubricación

Clases de grasas lubricantes

Las características de una grasa lubricante dependen:

- Del aceite base
- De la viscosidad del aceite base (importante para el rango de velocidades de rotación)
- Del espesante (resistencia a la cizalladura, importante para el rango de velocidades de rotación)
- De los aditivos.

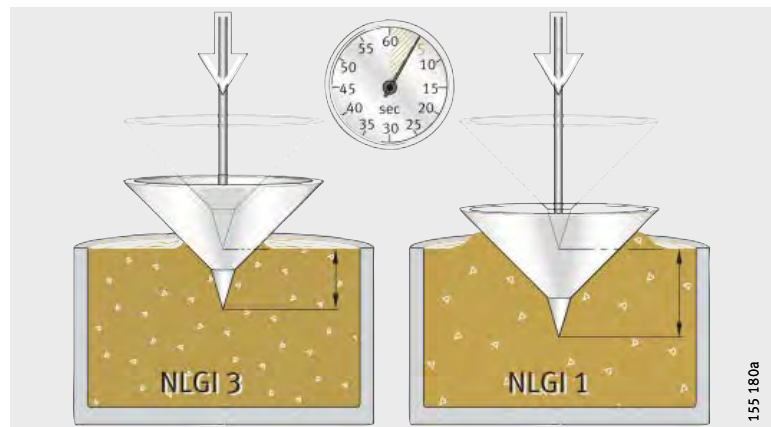
Consistencia de las grasas lubricantes

Las grasas lubricantes están clasificadas en clases de consistencia (clases NLGI según DIN 51 818).

Para rodamientos se emplean, preferentemente, las clases de consistencia 1, 2 y 3, *figura 5*.

Clases NLGI

Figura 5
Consistencia de las grasas lubricantes



Selección de la grasa adecuada

Para rodamientos son apropiadas las grasas lubricantes K según DIN 51 825.

Las grasas se deben seleccionar según las condiciones de funcionamiento de los rodamientos:

- La temperatura
- La carga de presión, ver página 83
- La velocidad de rotación, ver página 83
- El agua y la humedad, ver página 83.

Campo de temperaturas de funcionamiento

El campo de temperaturas de funcionamiento de la grasa debe cubrir con seguridad las posibles temperaturas de funcionamiento en el rodamiento.

Los fabricantes de grasas indican para sus grasas lubricantes K, según DIN 51 825, un campo de temperaturas de funcionamiento.

El valor superior se fija según DIN 51 821 mediante verificación con el comprobador FAG para grasas FE 9. Para temperaturas de funcionamiento más elevadas, se debe alcanzar en esta prueba una probabilidad de avería del 50% (F_{50}) durante, al menos 100 horas de ensayo.

El valor inferior se define según DIN 51 825 a través de la presión de fluencia. La presión de fluencia de una grasa lubricante es la presión necesaria para presionar un ramal de grasa lubricante a través de un conducto definido. Para las grasas lubricantes K, la presión de fluencia a temperaturas de funcionamiento más bajas, debe ser inferior a 1 400 mbar.

La determinación de las temperaturas de funcionamiento más bajas a través de la presión de fluencia sólo indica si la grasa se puede transportar a estas temperaturas. No se puede deducir nada respecto a la aptitud para temperaturas bajas en los rodamientos.

Por esta razón, se considera, además, para las temperaturas bajas de funcionamiento de una grasa lubricante, la determinación del momento de rozamiento a bajas temperaturas, según ASTM D 1478 o IP 186/93. En caso de temperaturas bajas de funcionamiento, el momento en el arranque no debe superar 1 000 Nmm y el momento en rotación no debe ser mayor de 100 Nmm.

Lubricación

Schaeffler Technologies recomienda utilizar grasas lubricantes de acuerdo con las temperaturas que alcanza el rodamiento durante su funcionamiento estándar, para alcanzar un efecto lubricante y una duración de vida de la grasa aceptables, *figura 6*.

A bajas temperaturas, las grasas desprenden poco aceite base. Como consecuencia de ello, puede producirse una lubricación deficiente. Por ello, Schaeffler Technologies recomienda no utilizar las grasas por debajo del valor límite de la temperatura $T_{\text{límite inferior}}$, *figura 6*. Ésta se encuentra, aprox. 20 K por encima de la temperatura inferior de funcionamiento de la grasa, indicada por el fabricante de la misma.

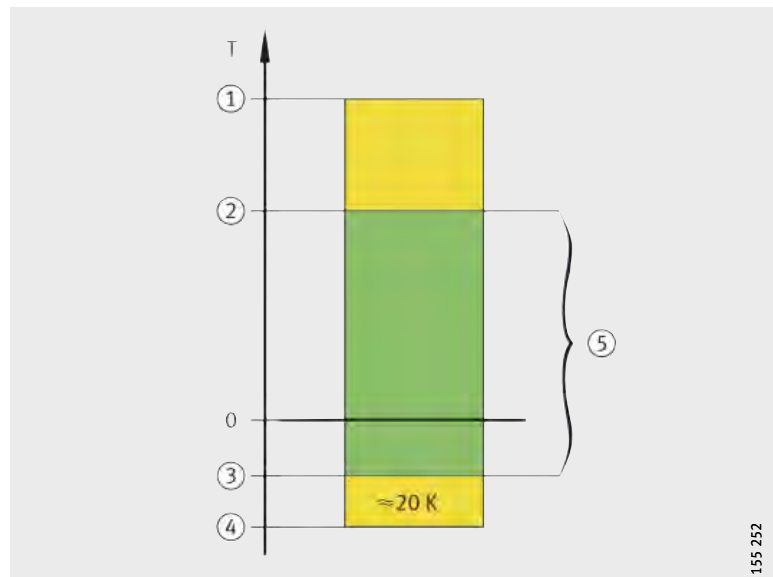
La temperatura límite superior $T_{\text{límite superior}}$ no debe superarse, si se quiere evitar que la duración de vida de la grasa se reduzca debido a la temperatura; ver el apartado Duración de vida de la grasa, página 86.



¡En caso de bajas temperaturas isotérmicas (por ejemplo, aplicaciones en la industria frigorífica) hay que asegurar que la salida del aceite base de la grasa sea suficiente, según el tipo de rodamiento!

- ① Temperatura superior de funcionamiento, según el fabricante de la grasa
 - ② $T_{\text{límite superior}}$
 - ③ $T_{\text{límite inferior}}$
 - ④ Temperatura inferior de funcionamiento, según el fabricante de la grasa
 - ⑤ Campo de aplicación estándar
- T = temperatura de servicio

Figura 6
Campo de temperaturas de funcionamiento



Capacidad de carga por compresión

Para la formación de una película lubricante con suficiente capacidad de carga, la viscosidad debe ser suficientemente elevada, a la temperatura de funcionamiento. Para cargas elevadas, se recomienda emplear grasas lubricantes con características EP (“extrema presión”) y elevada viscosidad del aceite base (grasas KP según DIN 51 825). Estas grasas son también utilizables para rodamientos con un elevado porcentaje de deslizamientos y para rodamientos con contacto lineal.

Las grasas a base de siliconas son posibles sólo para cargas reducidas ($P \leq 3\% C$).



¡Emplear grasas lubricantes con aditivos sólidos únicamente para aplicaciones en el área del rozamiento mixto o límite!

¡El tamaño de las partículas de lubricante sólido no debe rebasar las 5 μm !

Velocidad de rotación

Las grasas lubricantes se seleccionan según el valor característico de velocidad $n \cdot d_M$ para grasa, ver tabla, página 85:

- Para rodamientos giratorios rápidos o para pequeños momentos de arranque, deben seleccionarse grasas con un valor característico de velocidad alto
- Para rodamientos que giren a baja velocidad, utilizar grasas con un valor característico de velocidad reducido.

En caso de aceleraciones centrífugas $> 500 g$ puede producirse una separación de los componentes (el espesante y el aceite base). En este caso, consultar al fabricante del lubricante.



¡En caso de solicitaciones de cizalladura, las grasas de poliurea pueden experimentar una variación de su consistencia de forma más acusada que las grasas con jabones metálicos!

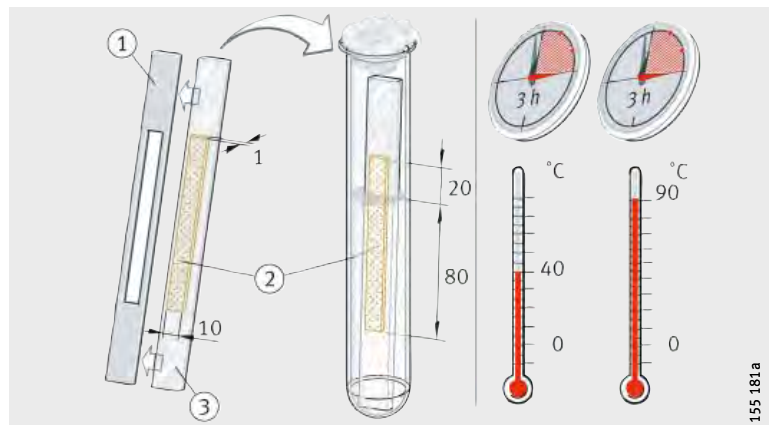
Agua y humedad

La presencia de agua en la grasa lubricante reduce considerablemente la duración de vida de los rodamientos:

- El comportamiento de las grasas lubricantes frente al agua se evalúa según DIN 51 807, *figura 7*
- Las propiedades de protección contra la corrosión pueden verificarse según DIN 51 802 (Prueba Emcor). Consultar datos en las hojas de características de los fabricantes de las grasas.

- ① Plantilla
- ② Muestra de grasa
- ③ Placa de vidrio

Figura 7
Comportamiento frente al agua
según DIN 51 807



Lubricación

Grasas lubricantes con características especiales

Schaeffler Technologies suministra numerosos rodamientos lubricados con grasa. En pruebas mecánicas y dinámicas, las grasas utilizadas han resultado especialmente adecuadas para toda clase de aplicaciones, ver tabla.

Grasas

| Referencia ⁵⁾ | Clasificación | Clase de grasa lubricante |
|---------------------------|---|--|
| GA01 | Grasa para rodamientos a bolas para T < +180 °C | Poliurea Aceite de éster |
| GA02 | Grasa para rodamientos a bolas para T < +160 °C | Poliurea SHC |
| GA13 | Grasa para rodamientos a bolas y rodamientos insertables estándar para D > 62 mm | Jabón de litio Aceite mineral |
| GA14 | Grasa para rodamientos a bolas silenciosos, para D ≤ 62 mm | Jabón de litio Aceite mineral |
| GA15 | Grasa para rodamientos a bolas silenciosos, con elevadas velocidades de giro | Jabón de litio Aceite de éster |
| GA22 | Grasa para marcha suave con momento de rozamiento reducido | Jabón de litio Aceite de éster |
| L014 ¹⁾ | Primer engrase de rodamientos insertables con temperaturas bajas | Gel Aceite de éster |
| L086 ¹⁾ | Primer engrase de rodamientos insertables para un amplio rango de temperaturas y cargas reducidas | Jabón de complejo de sodio Aceite de silicona |
| L069 ¹⁾ | Grasa para rodamientos insertables para un amplio rango de temperaturas | Poliurea Aceite de éster |
| GA08 | Grasa para rodamientos con contacto lineal | Jabón de complejo de litio Aceite mineral |
| GA26 | Grasa estándar para casquillos de marcha libre | Jabón de litio y calcio Aceite mineral |
| GA28 | Grasa para rodamientos en husillos principales | Jabón de litio Aceite de éster |
| GA11 | Grasa para rodamientos resistente a los medios, para temperaturas hasta +250 °C | PTFE Alcoxi fluoréter |
| GA47 | Grasa para rodamientos resistente a los medios, para temperaturas hasta +140 °C | Jabón de complejo de bario Aceite mineral |

- 1) A partir de Enero de 2008 y para los rodamientos insertables, en lugar de las grasas L014 y L086 se empleará la grasa L069.
- 2) La temperatura límite superior $T_{\text{límite superior}}$ no debe superarse, si se quiere evitar que la duración de vida de la grasa se reduzca debido a la temperatura.
- 3) En función del tipo de rodamiento.
- 4) El campo de temperaturas de funcionamiento no está definido según DIN 51 825 sino según la especificación MIL.
- 5) GA.. procede de Grease Application Group.., y se basa en la Grease Spec 00.

| Campo de temperaturas de funcionamiento °C | Temperatura límite-superior $T_{\text{límite, superior}}^{2)}$ °C | Clase – NLGI | Valor característico de velocidad $n \cdot d_M$ $\text{min}^{-1} \cdot \text{mm}$ | Clase ISO-VG (aceite base) ³⁾ | Referencia ⁵⁾ | Grasa Arcanol recomendada para el reengrase |
|--|---|--------------|---|--|---------------------------|---|
| -40 hasta +180 | +115 | 2 hasta 3 | 600 000 | 68 hasta 220 | GA01 | – |
| -40 hasta +160 | +85 | 2 hasta 3 | 500 000 | 68 hasta 220 | GA02 | – |
| -30 hasta +140 | +75 | 3 | 500 000 | 68 hasta 150 | GA13 | MULTI3 |
| -30 hasta +140 | +75 | 2 | 500 000 | 68 hasta 150 | GA14 | MULTI2 |
| -50 hasta +150 | +70 | 2 hasta 3 | 1 000 000 | 22 hasta 32 | GA15 | – |
| -50 hasta +120 | +70 | 2 | 1 000 000 | 10 hasta 22 | GA22 | – |
| -54 hasta +204 ⁴⁾ | +80 | 1 hasta 2 | 900 000 | 22 hasta 46 | L014 ¹⁾ | – |
| -40 hasta +180 | +115 | 3 | 150 000 | 68 hasta 150 | L086 ¹⁾ | – |
| -40 hasta +180 | +120 | 2 | 700 000 | 68 hasta 220 | L069 ¹⁾ | – |
| -30 hasta +140 | +95 | 2 hasta 3 | 500 000 | 150 hasta 320 | GA08 | LOAD150 |
| -20 hasta +80 | +60 | 2 | 500 000 | 10 hasta 22 | GA26 | – |
| -30 hasta +160 | +110 | 2 | 600 000 | 15 hasta 100 | GA28 | MULTITOP |
| -40 hasta +250 | +180 | 2 | 300 000 | 460 hasta 680 | GA11 | TEMP200 |
| -20 hasta +140 | +70 | 1 hasta 2 | 350 000 | 150 hasta 320 | GA47 | – |

Grasas Arcanol para rodamientos

Para los usuarios que rellenan sus rodamientos con grasa lubricante, están disponibles las especialmente adecuadas grasas Arcanol para rodamientos.

Estas grasas están clasificadas según su rendimiento, de tal manera que se cubren casi todos los ámbitos de aplicación, ver el apartado Grasas Arcanol, página 1538.

Lubricación

Duración de vida de la grasa

La duración de vida de la grasa t_{fG} es válida si es inferior a la duración de vida calculada para el rodamiento y si éste no se reengrasa.

Un valor orientativo se puede determinar de manera aproximada:

$$t_{fG} = t_f \cdot K_T \cdot K_P \cdot K_R \cdot K_U \cdot K_S$$

t_{fG} h
Valor orientativo para la duración de vida de la grasa

t_f h
Duración de vida básica de la grasa

K_T, K_P, K_R, K_U, K_S –
Factores de corrección para temperatura, carga, oscilación, ambiente y eje vertical, ver página 89 hasta página 92.



¡Una duración de vida de la grasa > 3 años debe coordinarse con el fabricante del lubricante!

¡Tener en cuenta las indicaciones para el cálculo de la duración de vida de la grasa en página 88!

Duración de vida básica de la grasa

Ésta es válida para los requisitos según tabla.

Requisitos para la duración de vida básica de la grasa

| | Condición |
|---------------------------------|--|
| Temperatura en el rodamiento | < Temperatura límite superior $T_{\text{límite superior}}$ |
| Relación de cargas | $C_0/P = 20$ |
| Velocidad de rotación y carga | Constante |
| Dirección principal de la carga | Rodamientos radiales: radial / Rodamientos axiales: axial |
| Eje de giro | Horizontal, con rodamientos radiales |
| Anillo interior | Giratorio |
| Ataques ambientales | Ninguna influencia perjudicial |

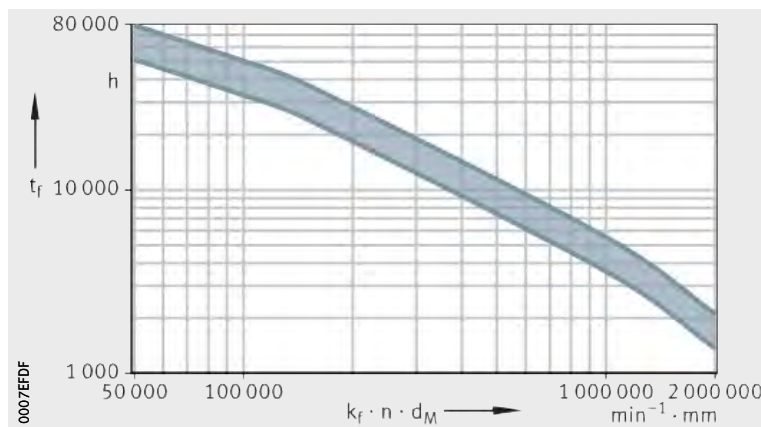
La duración de vida básica de la grasa t_f depende del valor característico de velocidad $k_f \cdot n \cdot d_M$ y se determina mediante *figura 8*.

k_f –
Factor de tipo constructivo del rodamiento, tabla factor k_f , página 87
 n min^{-1}
Velocidad de funcionamiento o velocidad de rotación equivalente
 d_M mm
Diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$.

Determinación de la duración de vida básica de la grasa

t_f = duración de vida básica de la grasa
 $k_f \cdot n \cdot d_M$ = valor característico de velocidad del rodamiento

Figura 8
Determinación de la duración de vida básica de la grasa



**Factor k_f
en función del tipo de rodamiento**

| Tipo de rodamiento | Factor k_f |
|---|--------------|
| Rodamientos rígidos a bolas, de una hilera | 1 |
| Rodamientos rígidos a bolas, de dos hileras | 1,5 |
| Rodamientos a bolas de contacto angular, de una hilera | 1,6 |
| Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras | 2 |
| Rodamientos con cuatro puntos de contacto | 1,6 |
| Rodamientos oscilantes de bolas | 1,45 |
| Rodamientos axiales a bolas | 5,5 |
| Rodamientos axiales de bolas de contacto angular, de dos hileras | 1,4 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos, de una hilera, con carga axial constante | 3,25 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos, de una hilera, con o sin carga axial alterna | 2 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos, de dos hileras ¹⁾ | 3,5 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos sin jaula | 5,3 |
| Rodamientos de rodillos cónicos | 4 |
| Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos | 10 |
| Rodamientos oscilantes de rodillos sin reborde central | 8 |
| Rodamientos oscilantes de rodillos con reborde central | 10,5 |
| Coronas de agujas, rodamientos de agujas | 3,6 |
| Casquillos de agujas, casquillos de agujas con fondo | 4,2 |
| Rodillos de apoyo y de levas, con y sin jaula | 20 |
| Rodillos de apoyo, rodillos de levas sin jaula | 40 |
| Rodillos-guía, de una hilera | 1 |
| Rodillos-guía, de dos hileras | 2 |
| Rodillos de apoyo PWTR, rodillos de levas PWKR | 6 |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos LSL, ZSL | 3,1 |
| Rodamientos de rodillos cruzados | 4,4 |
| Rodamiento axiales de agujas y de rodillos cilíndricos | 58 |
| Rodamientos insertables, soportes | 1 |

¹⁾ No es válido para rodamientos de rodillos cilíndricos de superprecisión NN30. Para ello, utilizar el esquema de cálculo de la publicación Rodamientos de superprecisión, SP 1.

Lubricación

Indicaciones para el cálculo de la duración de vida de la grasa Rodamientos combinados



¡En este caso, calcular por separado los rodamientos radiales y axiales; la duración de vida de la grasa más corta es la válida!

Anillo exterior giratorio

Cuando gira el anillo exterior, la duración de vida de la grasa puede acortarse.

Para rodillos de apoyo y rodillos de levas:

- No deben producirse errores angulares
- Esta reducción sobre la duración de vida de la grasa ya se ha tenido en cuenta en el factor de tipo de rodamiento k_f .

Limitaciones



¡La duración de vida de la grasa no puede ser determinada según el método descrito:

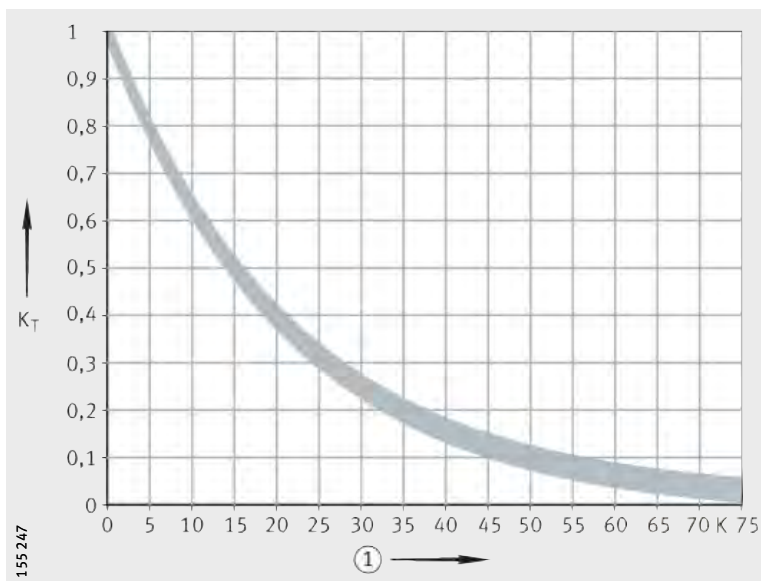
- Si puede escapar grasa lubricante de la rodadura
 - si se pierde una cantidad excesiva de aceite base
 - para rodamientos sin obturaciones
 - para rodamientos axiales con eje de giro horizontal
- Si, en funcionamiento, se aspira aire a través del rodamiento
 - la grasa puede oxidarse
- Durante el funcionamiento alternativo
 - la grasa se reparte por toda la longitud de la carrera
- Si hay suciedad, agua u otros líquidos que penetren en los rodamientos
- Para rodamientos para husillos
- Para casquillos de marcha libre
- Para rodamientos para husillos a bolas
- Para rodamientos de precisión para cargas combinadas.
- Para rodamientos de rodillos cilíndricos de superprecisión NN30!

¡Tener en cuenta otras indicaciones acerca de la lubricación, en los capítulos de producto!

**Factores de corrección
para la determinación
de la duración de vida de la grasa**
Factor de temperatura K_T



Si la temperatura es superior a la temperatura límite superior $T_{\text{límite superior}}$, K_T debe determinarse según el diagrama, *figura 9*.
¡El diagrama no debe ser utilizado si la temperatura del rodamiento es mayor que la temperatura superior de servicio de la grasa incorporada, ver la tabla Grasas, página 84!
¡Si se diera este caso, seleccionar otra grasa o consultar con el servicio de ingeniería del Grupo Schaeffler!



① K superior a $T_{\text{límite superior}}$
 K_T = factor de temperatura

Figura 9
Factor de temperatura K_T

Lubricación

Factor de carga K_p

El factor K_p depende del rodamiento y describe la reducción para cargas elevadas (en este caso, la grasa está fuertemente cargada), ver *figura 10* y tabla.

La base son:
Grasas de jabón de litio, de alta calidad

①, ②, ③, ④ ver tabla factor K_p
 C_0/P = relación entre la capacidad de carga estática y la carga dinámica equivalente
 K_p = factor de carga

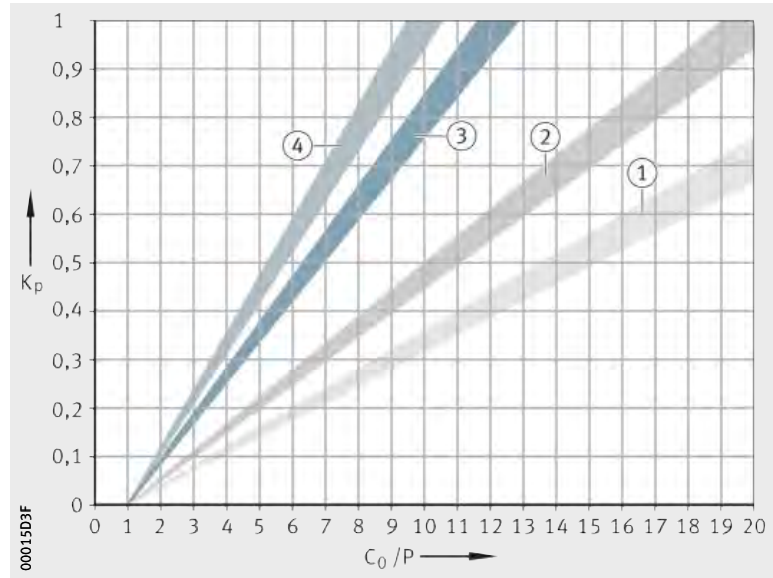


Figura 10
Factor K_p para rodamientos

Factor K_p

| Curva ¹⁾ | Tipo de rodamiento |
|---|--|
| ① | Rodamientos a bolas de contacto angular, de dos hileras |
| | Rodamientos axiales a bolas |
| | Rodamientos axiales de agujas, rodamientos axiales de rodillos cilíndricos |
| | Rodamientos de rodillos cruzados |
| ② | Rodamientos oscilantes de rodillos con reborde central |
| | Coronas de agujas, rodamientos de agujas |
| | Casquillos de agujas, casquillos de agujas con fondo |
| | Rodamientos de rodillos cilíndricos, de dos hileras (excepto NN30) |
| | Rodillos de apoyo PWTR y rodillos de levas PWKR |
| | Rodillos de apoyo y de levas, con jaula o sin jaula |
| | Rodillos de apoyo y de levas, sin jaula |
| ③ | Rodamientos de rodillos cilíndricos LSL y ZSL |
| | Rodamientos de rodillos cónicos |
| | Rodamientos oscilantes de rodillos sin reborde central (E1) |
| | Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos |
| | Rodamientos de rodillos cilíndricos sin jaula |
| | Rodamientos de rodillos cilíndricos, de una hilera (carga constante y alterna) |
| Rodamientos con cuatro puntos de contacto | |
| ④ | Rodamientos rígidos a bolas (de una y dos hileras) |
| | Rodamientos a bolas de contacto angular (de una y dos hileras) |
| | Rodamientos oscilantes de bolas |
| | Rodillos-guía (de una y dos hileras) |
| | Rodamientos insertables, soportes |

1) Curvas, ver *figura 10*.

Factor de oscilación K_R

El factor K_R tiene efectos cuando existe un ángulo de oscilación $\varphi < 180^\circ$, *figura 11* y *figura 12*. Los movimientos oscilantes suponen para la grasa lubricante una sollicitación superior a la de los movimientos giratorios.



¡Para evitar la tribocorrosión, el período de reengrase debe ser acortado!

¡Si los elementos rodantes no efectúan una revolución completa, es preciso consultar con el servicio de ingeniería del Grupo Schaeffler!

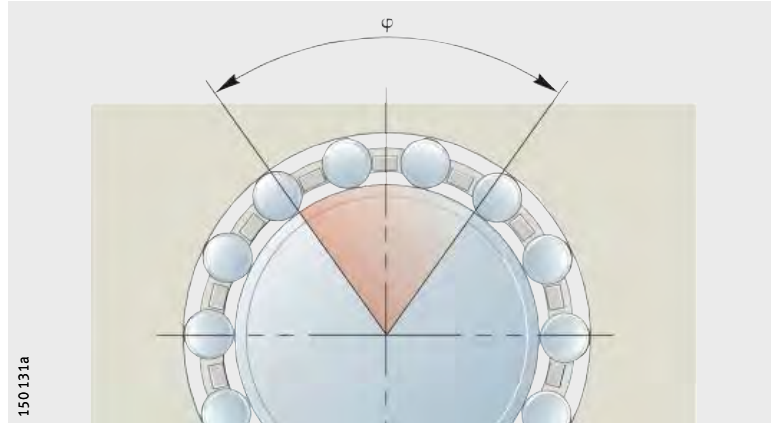
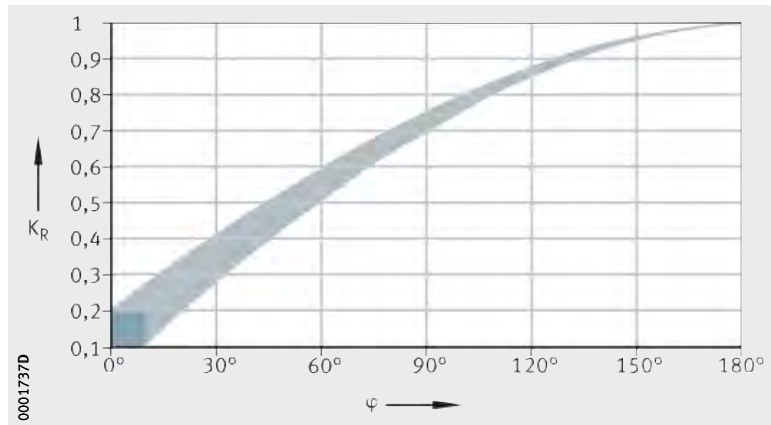


Figura 11
Ángulo de oscilación φ



K_R = factor de oscilación
 φ = ángulo de oscilación

Figura 12
Factor de oscilación K_R

Lubricación

Factor ambiental K_U



El factor K_U tiene en cuenta las influencias ambientales por humedad, sacudidas, reducidas vibraciones (causa de tribocorrosión) y golpes, ver tabla Factor ambiental K_U .

¡No hay que tener en cuenta influencias ambientales extremas, como agua, medios agresivos, suciedad, radiaciones radiactivas y vibraciones extremas como, por ejemplo, en máquinas vibratorias!

¡En cuanto a la contaminación, hay que tener en cuenta la influencia de la misma en el cálculo de la duración de vida, ver el párrafo Capacidad de carga y duración de vida, página 40!

Factor ambiental K_U

| Influencia ambiental | Factor K_U |
|----------------------|--------------|
| reducida | 1 |
| media | 0,8 |
| elevada | 0,5 |

Factor K_S
para ejes verticales

En caso de que pueda haber una fuga mayor de grasa, por ejemplo en rodamientos radiales con eje de giro vertical, se debe tener en cuenta el factor K_S según la tabla.

Factor K_S
para ejes verticales

| Disposición del eje | Factor K_S |
|--------------------------------|---------------|
| vertical (según la obturación) | 0,5 hasta 0,7 |
| otra disposición | 1 |

Períodos de reengrase

En el caso de los rodamientos reengrasables, hay que tener en cuenta el período de reengrase para garantizar un funcionamiento correcto de los mismos.



¡Calcular el período exacto de reengrase mediante ensayos en las condiciones de funcionamiento!

¡Para ello:

- El período de observación debe ser suficientemente prolongado
- Verificar periódicamente el estado de la grasa!

¡Por razones de seguridad de funcionamiento, no se recomienda un período de reengrase > 1 año!

Período de reengrase Valores orientativos

Para la mayoría de las aplicaciones y por experiencia, el valor orientativo es:

$$t_{FR} = 0,5 \cdot t_{FG}$$

t_{FR} h
Valor orientativo para el período de reengrase

t_{FG} h
Valor orientativo para la duración de vida de la grasa, ver página 79.

Condiciones para el reengrase

Para el reengrase, utilizar la misma grasa lubricante que para el primer engrase.

En caso de utilizar otras grasas, se debe comprobar la compatibilidad y la miscibilidad entre éstas; para ello ver el apartado Miscibilidad, página 95.

Cantidad para el reengrase

Debido a la construcción compacta de los rodamientos, éstos se deben reengrasar con un 50% hasta 80% de la cantidad para el primer engrase (recomendación).

Si hay tubos de conducción llenos, el volumen de relleno de dichos tubos debe tenerse en cuenta para la cantidad de reengrase.

Reengrase

El reengrase siempre se efectúa:

- Con el rodamiento aún caliente y en rotación
- Antes de la parada prevista
- Antes de prolongadas interrupciones de funcionamiento.

Reengrasar lo suficiente hasta que en las ranuras de obturación se forme un collar de grasa nueva. La grasa lubricante usada debe poder salir fácilmente del rodamiento.

Lubricación

Depósito de grasa

La cantidad para el primer engrase oscila entre 30% y 100% del volumen libre del rodamiento, en función del tipo de rodamiento y de las condiciones de funcionamiento.

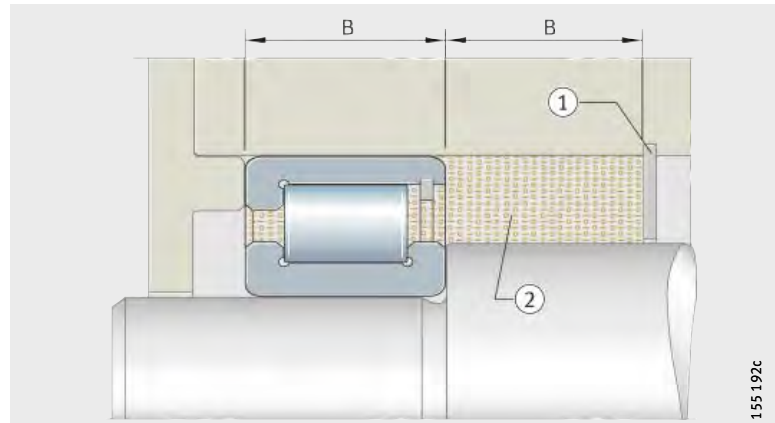
Un depósito de grasa puede prolongar la duración de vida de la misma. La grasa existente en el depósito debe estar permanentemente en contacto con la grasa de las pistas de rodadura. Los depósitos de grasa de mayores dimensiones no aumentan de manera proporcional la duración de vida de la grasa.

El volumen del depósito de grasa debe corresponder al volumen del rodamiento entre los anillos interior y exterior (sin tener en cuenta la jaula ni los elementos rodantes), *figura 13* y *figura 14*.

Una salida del aceite base se puede evitar con medidas constructivas, por ejemplo, mediante discos obturadores, *figura 13* y *figura 14*.

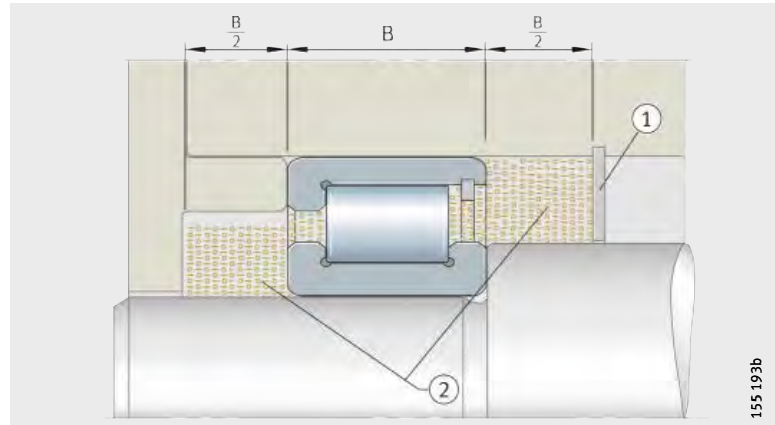
- ① Disco obturador
- ② Depósito de grasa lubricante

Figura 13
Depósito de grasa en un lado



- ① Disco obturador
- ② Depósitos de grasa lubricante

Figura 14
Depósitos de grasa en ambos lados



Miscibilidad Fundamentalmente, las mezclas de grasas deben evitarse.

Requisitos Si las mezclas no se pueden evitar, hay que tener en cuenta los siguientes requisitos:

- El aceite base debe ser el mismo
- El tipo de espesante debe coincidir
- Las viscosidades del aceite base deben ser similares (no deben diferenciarse en más de una clase ISO-VG)
- La consistencia debe ser la misma (clase NLGI).



¡La miscibilidad de las grasas lubricantes debe ser siempre coordinada con el fabricante de los lubricantes!

¡Aun cumpliendo estos requisitos, no se pueden excluir efectos en el rendimiento de la mezcla de grasas!

¡Si se cambia a otro tipo de grasa, debe realizarse previamente un lavado de la misma, siempre que esto sea posible!

¡Se debe realizar otro reengrase después de un período más corto!

¡La mezcla de grasas incompatibles puede conducir a importantes modificaciones de su estructura!

¡Además, también es posible un fuerte reblandecimiento de la grasa mezclada!

¡Resultados concretos respecto a la miscibilidad de las grasas sólo pueden obtenerse mediante ensayos adecuados!

Capacidad de almacenaje Generalmente, las grasas se pueden almacenar durante 3 años.

Requisitos Los requisitos para ello son:

- Un recinto cerrado (almacén)
- Temperaturas entre 0 °C y +40 °C
- Una humedad relativa del aire no superior al 65%
- Ausencia de ataques por agentes químicos (vapores, gases, líquidos)
- Que los rodamientos estén obturados.

Los lubricantes envejecen debido a la influencia del medio ambiente! Los datos de los fabricantes de los lubricantes deben respetarse.



¡Después de un prolongado almacenaje, el momento de rozamiento en el arranque de rodamientos engrasados puede ser superior!

¡Además, es posible que se haya reducido la capacidad lubricante de la grasa!

¡Como las propiedades lubricantes de las grasas varían y como se pueden utilizar diferentes materias utilizando el mismo nombre de la grasa, el Grupo Schaeffler no se hace responsable de los lubricantes utilizados por el cliente para el reengrase, ni de sus propiedades durante el funcionamiento!

Lubricación

Lubricación con aceite

Generalmente, son apropiados para la lubricación de rodamientos los aceites minerales y los aceites sintéticos.

Los aceites lubricantes a base de aceite mineral son los más frecuentes. Deben cumplir, como mínimo, los requisitos según DIN 51 517 ó DIN 51 524.

Los aceites especiales, frecuentemente aceites sintéticos, se utilizan bajo condiciones de funcionamiento extremas o en caso de requisitos especiales para la resistencia del aceite.

En estos casos, rogamos solicitar información al fabricante del lubricante o al servicio de ingeniería del Grupo Schaeffler.

Temperaturas de funcionamiento



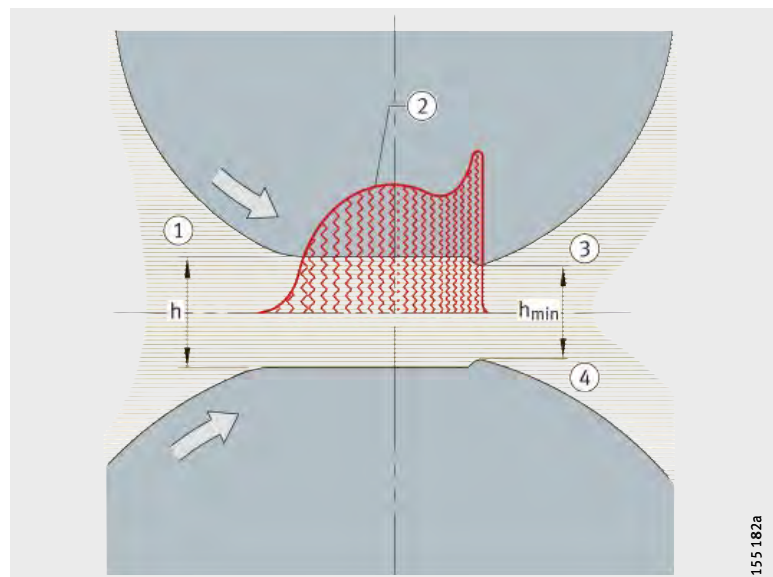
¡Respecto a ello, son determinantes los datos de los fabricantes de lubricantes!

Selección del aceite adecuado

La duración de vida alcanzable para el rodamiento y la seguridad contra el desgaste son tanto más elevadas cuanto mejor estén separadas las superficies de contacto por una película lubricante, *figura 15* y capítulo Capacidad de carga y duración de vida, página 40.

- ① Zona de entrada
- ② Evolución de la presión según la teoría EHD
- ③ Zona de salida
- ④ Lubricante

Figura 15
Película lubricante en las zonas de contacto



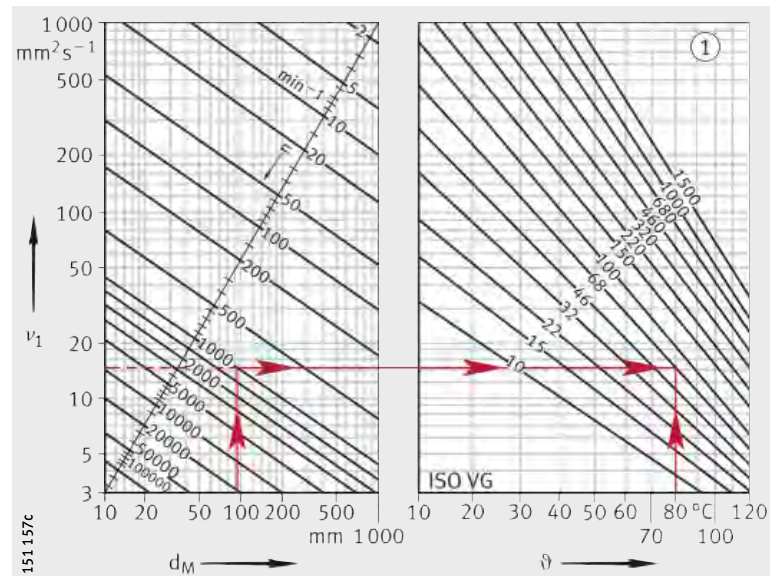
Viscosidad de referencia para aceites minerales

El valor orientarivo para ν_1 depende del diámetro medio del rodamiento d_M y de la velocidad de rotación n . Dicho valor tiene en cuenta los conocimientos de la teoría EHD sobre la formación de la película lubricante y las experiencias prácticas.

Dependiendo de la velocidad de funcionamiento, el aceite lubricante a la temperatura de servicio debe tener, como mínimo, la viscosidad de referencia ν_1 , figura 16.

- ① Viscosidad mm^2s^{-1} a $+40^\circ\text{C}$
- n = velocidad de funcionamiento
- ν_1 = viscosidad de referencia
- d_M = diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$
- ϑ = temperatura de funcionamiento

Figura 16
Viscosidad de referencia y diagrama V-T para aceites minerales



Determinar la viscosidad de referencia

- La viscosidad de referencia ν_1 se determina de la siguiente forma:
- ν_1 asignar una de las viscosidades nominales ISO-VG entre 10 y 1 500 (viscosidad media según DIN 51 519)
 - Redondear los valores intermedios hasta el valor ISO-VG más próximo, superior o inferior (debido a los escalonamientos de los valores).



¡Este procedimiento no debe ser empleado para aceites lubricantes sintéticos, debido al diferente comportamiento V-P (viscosidad-presión) y V-T (viscosidad-temperatura)!

¡En estos casos, se ruega consultar con el servicio de ingeniería del Grupo Schaeffler!

Lubricación

Influencia de la temperatura en la viscosidad

A medida que aumenta la temperatura, disminuye la viscosidad del aceite. Este cambio de viscosidad en función de la temperatura se describe mediante el índice de viscosidad VI. Para aceites minerales, este índice VI debe ser, como mínimo, de 95.

En la elección de la viscosidad, debe tenerse en cuenta la temperatura más baja de funcionamiento, ya que el aumento de la viscosidad reduce la capacidad de fluencia del lubricante. Esto puede aumentar las pérdidas de potencia y de rendimiento.

Con la relación de viscosidades $\kappa = \nu/\nu_1 = 3$ hasta 4 se puede alcanzar una duración de vida muy larga (ν = viscosidad de funcionamiento). Sin embargo, los aceites de alta viscosidad no sólo tienen ventajas. Además de las mencionadas pérdidas de rendimiento por rozamiento del lubricante, pueden producirse problemas con la entrada y la salida del aceite, con temperaturas bajas e incluso normales.

El aceite debe seleccionarse tan resistente, que se alcance una duración de vida a la fatiga tan prolongada como sea posible. Al mismo tiempo, debe garantizarse que los rodamientos están alimentados de forma constante y con suficiente aceite.

Capacidad de carga por compresión y aditivos de protección frente al desgaste

Si los rodamientos están sometidos a cargas elevadas, o si la viscosidad de funcionamiento ν es menor que la viscosidad de referencia ν_1 , se deben utilizar aceites con aditivos de protección frente al desgaste (letra característica P según DIN 51 502).

Estos aceites también se requieren para rodamientos con mayores partes deslizantes (por ejemplo, en rodamientos con contacto lineal).

Estos aditivos, que forman una capa límite, reducen los efectos perjudiciales del contacto metálico ocasional (desgaste).

La aptitud de los aditivos es diferente y casi siempre muy dependiente de la temperatura. Su efectividad sólo puede evaluarse mediante la comprobación en el rodamiento (por ejemplo en nuestro banco de ensayos FE8, según DIN 51 819).



¡Las grasas a base de silicona sólo deben ser empleadas para cargas reducidas ($P \leq 0,03 \cdot C$)!

Compatibilidad

¡Antes de utilizar un aceite lubricante, debe verificarse su comportamiento frente a plásticos, materiales obturadores (elastómeros), metales ligeros y aleaciones no férricas!

Los ensayos deben efectuarse siempre bajo condiciones dinámicas y a la temperatura de funcionamiento.

¡Por norma, verificar la compatibilidad de los aceites sintéticos!
¡Al mismo tiempo, consultar con el fabricante de los lubricantes!

Miscibilidad

Si es posible, la mezcla de aceites diferentes debe ser evitada. Especialmente, los aditivos diferentes pueden conducir a interacciones no deseadas.

Normalmente, se pueden mezclar aceites lubricantes a base de aceites minerales y con idéntica clasificación, por ejemplo HLP y HLP. Sus viscosidades deben diferenciarse en, como máximo, una clase ISO-VG.



¡En principio, los aceites sintéticos deben ser verificados en cuanto a su miscibilidad! ¡Al mismo tiempo, se debe consultar con el fabricante de los lubricantes!

¡En casos particulares hay que comprobar previamente la miscibilidad!

Limpieza

El grado de limpieza de los aceites lubricantes influye en la duración de vida de los rodamientos, ver también el capítulo Capacidad de carga y duración de vida, página 40.

Por ello, el Grupo Schaeffler recomienda prever un filtro de aceite y tener en cuenta el grado de finura del filtro. La finura del filtro debe ser $< 25 \mu\text{m}$.

Lubricación

Sistema de lubricación

Los procedimientos de lubricación esenciales son:

- La lubricación por goteo de aceite
- La lubricación aire-aceite
(para no contaminar el medio ambiente, también como sustitución de la lubricación por niebla de aceite)
- La lubricación por baño de aceite
(lubricación por inmersión o por depósito)
- La lubricación por circulación de aceite.

Lubricación por goteo de aceite

Este procedimiento se puede utilizar para rodamientos que giren a alta velocidad, *figura 17*.

La cantidad necesaria de aceite depende del tamaño del rodamiento, del tipo constructivo del mismo, de la velocidad de funcionamiento y de la carga.

El valor orientativo oscila entre 3 gotas/min y 50 gotas/min por cada pista de rodadura (una gota pesa, aprox. 0,025 g).

¡El aceite sobrante debe poder evacuarse del rodamiento!

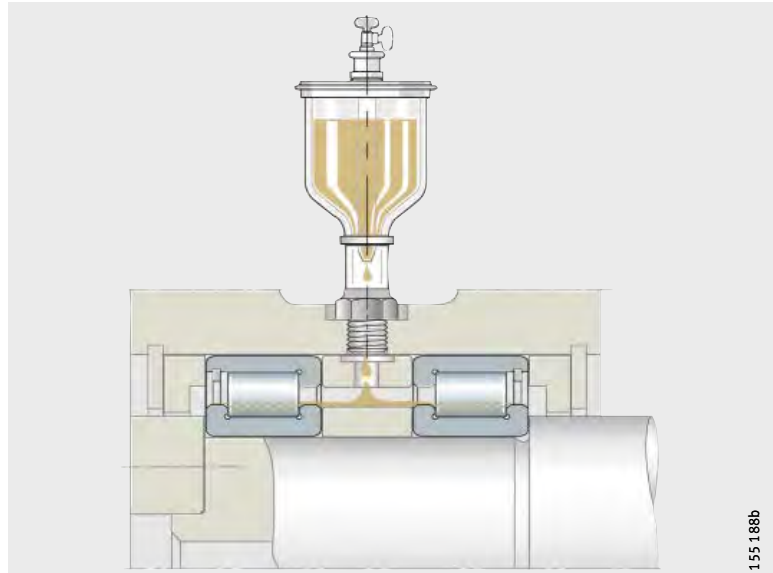


Figura 17
Lubricación por goteo de aceite
(representación esquemática)

Lubricación aire/aceite

Este procedimiento es especialmente apropiado para rodamientos radiales que giran a alta velocidad y que soportan poca carga ($n \cdot d_M = 800\,000$ hasta $3\,000\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$), *figura 18*.

El aire comprimido conduce el aceite hasta el rodamiento. De este modo se origina una sobrepresión. Ésta impide que las impurezas penetren en el rodamiento.

Con una lubricación aire/aceite realizada como lubricación mínima, se puede alcanzar un momento de rozamiento reducido, así como una temperatura de funcionamiento baja.

Solicitar datos para el dimensionado del equipo a los fabricantes de los sistemas de lubricación aire/aceite.

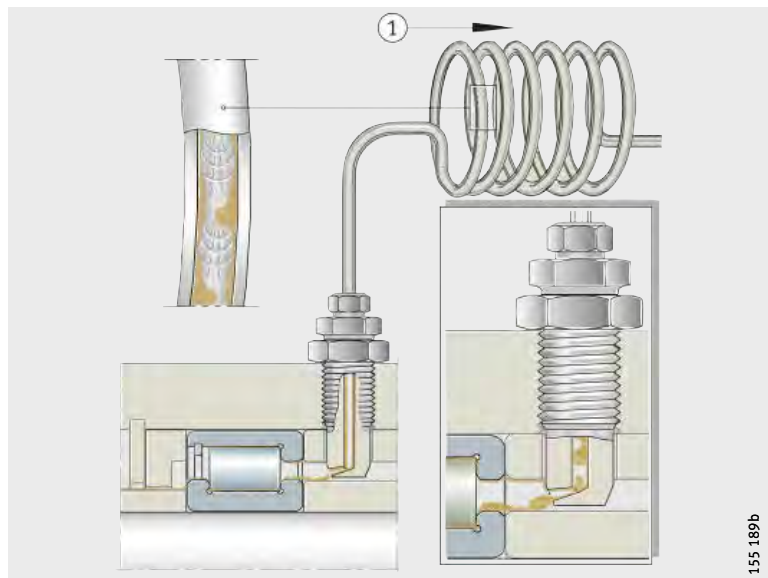


¡Evitar, en lo posible, la lubricación aire/aceite para rodamientos axiales!

¡La cantidad de aceite necesaria para un suministro suficiente depende del tipo constructivo del rodamiento!

¡El efecto refrigerante de la lubricación aire/aceite es reducido!

¡Deben tenerse en cuenta las indicaciones de los fabricantes de los dispositivos de lubricación!



① Hacia el grupo aire/aceite

Figura 18
Lubricación por aire/aceite
(representación esquemática)

Lubricación

Lubricación por baño de aceite

El nivel del aceite debe llegar hasta el centro del elemento rodante más bajo, *figura 19*. Si el nivel de aceite queda por encima de éste, y para velocidades tangenciales elevadas, es posible que el rodamiento alcance una temperatura superior (pérdidas de Plansch). Por otro lado, puede formarse espuma de aceite.

Generalmente, el método es adecuado hasta

$$n \cdot d_M = 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}.$$

Con $n \cdot d_M < 150\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ el rodamiento puede quedar totalmente sumergido.

Los rodamientos con sección asimétrica requieren canales de retorno de aceite debido a la acción de bombeo, de modo que se puede producir una recirculación.

Para rodamientos axiales, el nivel de aceite debe llegar a cubrir, al menos, el diámetro interior de la corona axial.

El interior del soporte debe estar dimensionado suficientemente ya que, de lo contrario, se requieren intervalos de cambio de aceite muy cortos.

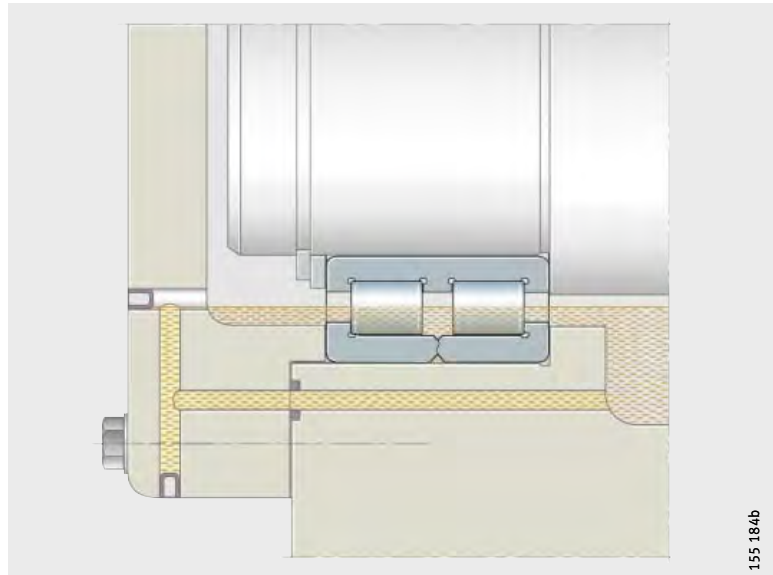


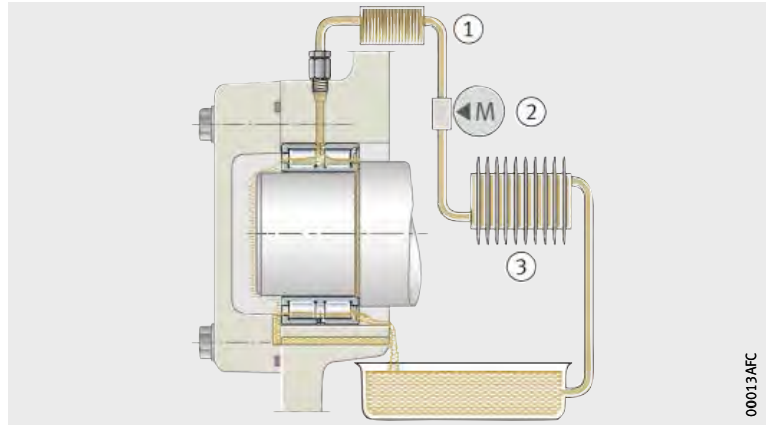
Figura 19
Lubricación por baño de aceite
(representación esquemática)

Lubricación por circulación de aceite

En la lubricación por circulación de aceite, éste puede filtrarse y refrigerarse en el retorno, *figura 20*. De esta forma, el aceite evacúa el calor del rodamiento. La cantidad de aceite para la evacuación del calor depende de las condiciones de refrigeración, ver el capítulo Velocidades, página 71.

- ① Filtro
- ② Bomba
- ③ Refrigeración

Figura 20
Lubricación por circulación de aceite (representación esquemática)

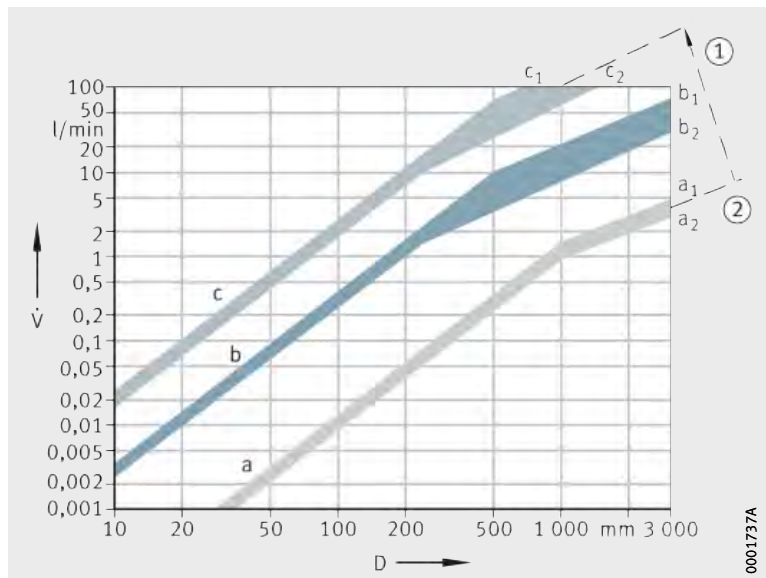


Las cantidades de aceite \dot{V} se adaptan a las condiciones de funcionamiento, *figura 21*. El diagrama indica las cantidades de aceite que, mediante alimentación lateral y acumulación hasta el chaflán inferior del eje, se pueden conducir sin presión a través del rodamiento.

Debido a su acción de bombeo, los rodamientos con sección asimétrica (por ejemplo, los rodamientos a bolas de contacto angular, los rodamientos de rodillos cónicos y los rodamientos axiales oscilantes de rodillos) permiten mayores caudales de aceite que los rodamientos con sección simétrica. Las partículas de desgaste o el calor se pueden evacuar con grandes caudales.

- ① Para la evacuación de calor es necesario un aumento de la cantidad de aceite
 - ② Evacuación de calor no necesaria
- D = diámetro exterior del rodamiento
 \dot{V} = cantidad de aceite
 a = cantidad de aceite suficiente para la lubricación
 b = límite superior para rodamientos de tipo constructivo simétrico
 c = límite superior para rodamientos de tipo constructivo asimétrico
 $a_1; b_1; c_1: D/d > 1,5$
 $a_2; b_2; c_2: D/d \leq 1,5$

Figura 21
Cantidades de aceite



Lubricación

Diseño de la construcción anexa para la lubricación con aceite

Los agujeros de lubricación en el alojamiento y en el eje deben quedar bien encarados con los agujeros de lubricación del rodamiento. Prever secciones suficientes para las ranuras circulares, alveolos o similares.

El aceite lubricante debe poder salir del rodamiento sin presión (se impide la retención del aceite y el calentamiento adicional del mismo).

Como norma, para rodamientos axiales la circulación del aceite deberá ser siempre de dentro hacia fuera.

Valores orientativos para las secciones de salida para la lubricación con aceite

Elegir unas secciones de los agujeros de salida de aceite mucho mayores que los de entrada, *figura 22*.

La sección A_{rab} depende de la cantidad de aceite y de su viscosidad.

$$A_{rab} = K_{ab} \cdot A_{ab}$$

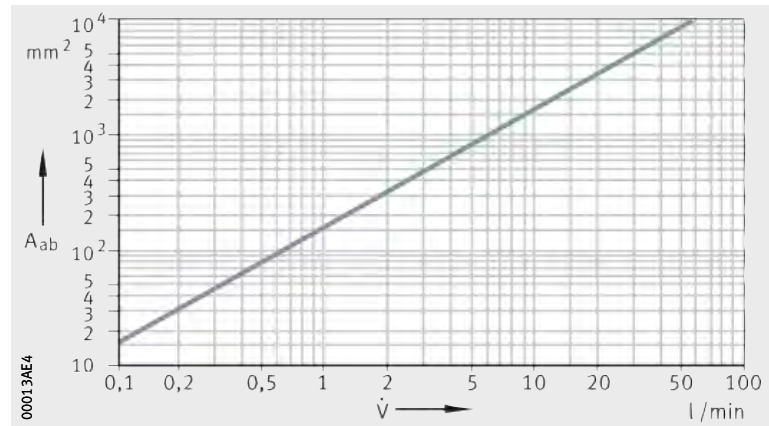
A_{rab} mm^2
Sección de salida teniendo en cuenta la viscosidad

K_{ab} –
Factor de corrección de la viscosidad, ver tabla

A_{ab} mm^2
Sección de salida, *figura 22*.

A_{ab} = sección de salida del aceite sin presión
 \dot{V} = cantidad de aceite

Figura 22
Sección de salida (valores orientativos)



Factor de corrección K_{ab}

| Viscosidad $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ | Factor K_{ab} |
|---|--------------------|
| hasta 30 | 1 |
| 30 hasta 60 | 1,2 hasta 1,6 |
| 60 hasta 90 | 1,8 hasta 2,2 |
| 90 hasta 120 | 2,4 hasta 2,8 |
| 120 hasta 150 | 3 hasta 3,4 |

Lubricación por inyección de aceite

En el caso de rodamientos con altas velocidades de rotación, el aceite se inyecta directamente en el paso entre la jaula y un anillo, *figura 23*. La lubricación por inyección con grandes cantidades de lubricante conlleva una gran pérdida de rendimiento.

Se requieren grandes esfuerzos para evitar el calentamiento de los rodamientos. El límite superior del valor característico de velocidad para la lubricación por recirculación, $n \cdot d_M = 1\,000\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ en rodamientos adecuados (por ejemplo, rodamientos para husillos) puede superarse notablemente con la lubricación por inyección de aceite.

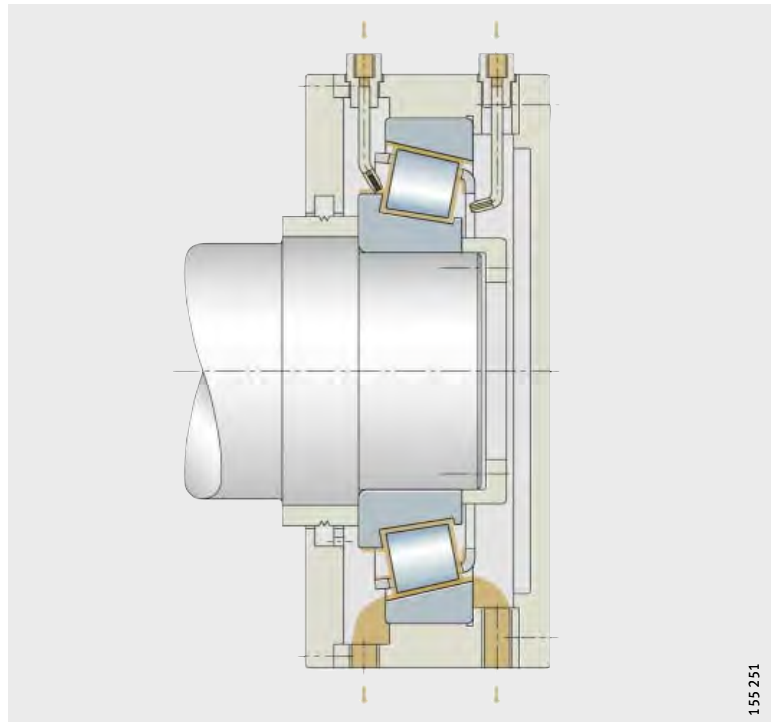


Figura 23
Lubricación por inyección de aceite
(alimentación de aceite
por ambos lados
de un rodamiento de rodillos
cónicos con velocidad
de rotación elevada)

Lubricación

Evacuación de calor por el lubricante

El aceite lubricante debe evacuar el calor del rozamiento fuera del rodamiento. Se puede calcular el flujo de calor \dot{Q}_L , evacuado por el lubricante, así como el necesario caudal volumétrico de dicho lubricante \dot{V}_L .

Flujo de calor

$$\dot{Q} = 10^{-6} \cdot \frac{\pi}{30} \cdot n \cdot (M_0 + M_1) + \dot{Q}_E$$

$$\dot{Q}_L = \dot{Q} - \dot{Q}_S$$

Cálculo aproximado

$$\dot{V}_L = \frac{\dot{Q}_L}{0,0286 \cdot \Delta\vartheta_L}$$

\dot{Q}_L kW

Flujo de calor evacuado por el lubricante

\dot{Q} kW

Flujo total de calor evacuado

\dot{Q}_S kW

Flujo de calor evacuado a través de las superficies de asiento del rodamiento

\dot{Q}_E kW

Flujo de calor procedente del exterior

n min^{-1}

Velocidad de funcionamiento o velocidad de rotación equivalente

M_0 Nmm

Momento de rozamiento en función de la velocidad

M_1 Nmm

Momento de rozamiento en función de la carga

\dot{V}_L l/min

Caudal volumétrico de lubricante

$\Delta\vartheta_L$ K

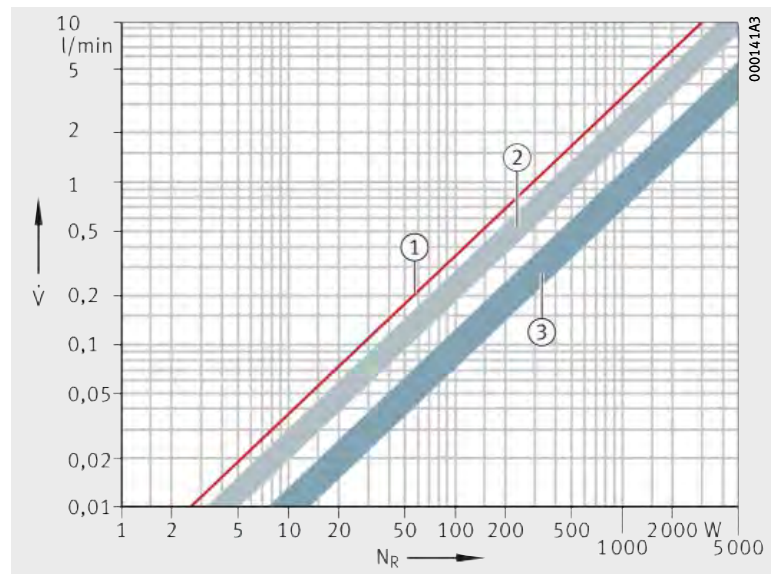
Diferencia de temperatura del aceite, entre la salida y la alimentación del mismo.

Valores orientativos del caudal de aceite para lubricación y refrigeración

Si no es posible la determinación por cálculo, son válidos, para una diferencia de temperatura de $\Delta\vartheta_L = 10$ K los valores orientativos según *figura 24*.

- ① Sin considerar la conductividad térmica, la radiación de calor o la convección
 - ② Valores experimentales con refrigeración normal
 - ③ Valores experimentales con excelente refrigeración
- \dot{V} = cantidad de aceite
 N_R = potencia de rozamiento

Figura 24
 Valores orientativos del caudal de aceite para lubricación y refrigeración



Cambio de aceite

Para temperaturas en los rodamientos inferiores a +50 °C y escasa suciedad, es suficiente, en general, un cambio de aceite al año.

Para los valores orientativos de los períodos de cambio de aceite, ver *figura 25*.



¡Coordinar con el fabricante del aceite los períodos exactos de cambio del mismo!

Funcionamiento difícil

En condiciones extremas, cambiar el aceite con mayor frecuencia. Esto es válido, por ejemplo, para temperaturas elevadas y reducidas cantidades de aceite, con elevada velocidad de circulación del mismo.

La velocidad de circulación indica cuántas veces por hora circula el volumen total de aceite lubricante:

$$\text{Número de circulaciones} = \frac{\text{Caudal de la bomba } \text{m}^3/\text{h}}{\text{Capacidad del depósito } \text{m}^3}$$

- ① Aceites sintéticos para engranajes
 - ② Aceites minerales para engranajes
- t = período de cambio de aceite
ϑ = temperatura del colector de aceite

Fuente: Proyecto FVA n° 171

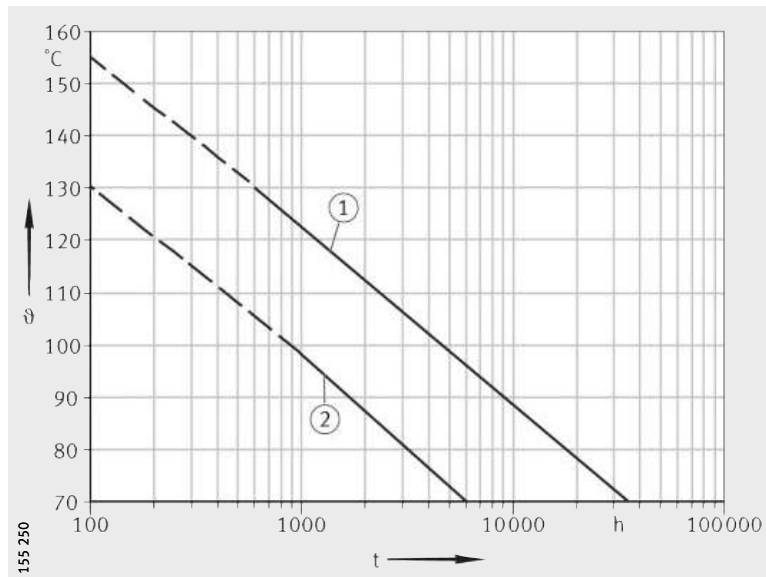


Figura 25

Períodos de cambio de aceite

Datos de los rodamientos

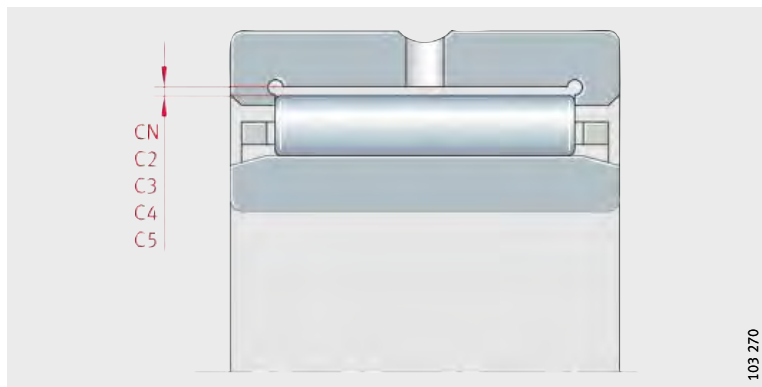
Juego radial

El juego radial es válido para rodamientos con anillo interior y se obtiene con el rodamiento sin montar. Es la medida que puede desplazarse, en dirección radial, el anillo interior respecto al exterior, desde una posición límite hasta la opuesta, *figura 1*.

Según DIN 620-4, ISO 5 753 el juego radial está subdividido en grupos, ver *figura 1* y tabla.

CN, C2, C3, C4, C5 = grupos de juego radial

Figura 1
Juego radial



Grupos de juego radial

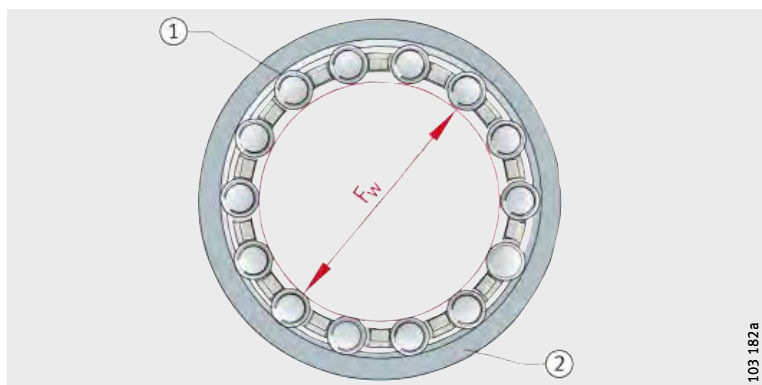
| Grupo de juego | Significado | Norma | Campos de utilización |
|----------------|--|------------------------|--|
| CN | Juego radial normal CN no se indica en las referencias del rodamiento | DIN 620-4 ISO 5 753 | En caso de relaciones normales de funcionamiento, para las tolerancias del eje y del alojamiento, ver los capítulos Juego de funcionamiento y Disposición de la rodadura |
| C2 | Juego radial < CN | | Para cargas alternas elevadas, en combinación con movimientos de basculación |
| C3 | Juego radial > CN | | ISO 5 753 |
| C4 | Juego radial > C3 | | |
| C5 | Juego radial > C4 | | |

Círculo inscrito

Para rodamientos sin anillo interior es determinante el círculo inscrito F_w . Éste es la circunferencia interior tangente a las agujas, estando éstas apoyadas sin juego en la pista de rodadura del anillo exterior, *figura 2*. Cuando los rodamientos no están montados, está dentro del campo de tolerancia F6 (excepto los casquillos de agujas y los casquillos de agujas con fondo). Límites de F6 y F8, ver tabla, página 168.

- ① Aguja
 - ② Pista de rodadura del anillo exterior
- F_w = diámetro del círculo inscrito

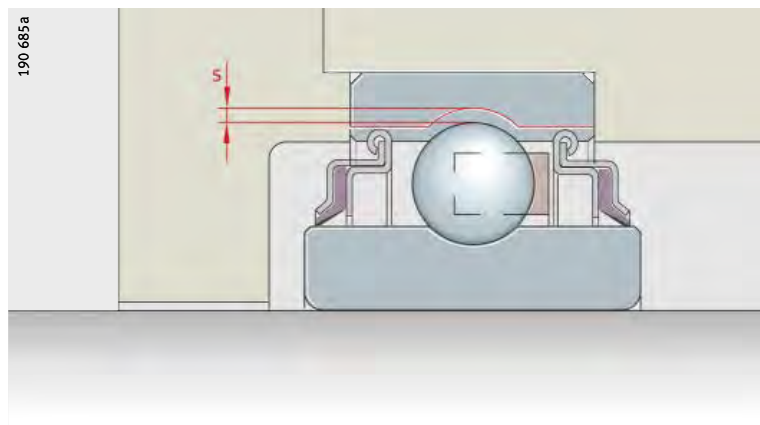
Figura 2
Círculo inscrito



Juego de funcionamiento

El juego de funcionamiento es el que se obtiene con el rodamiento montado y aún caliente. Es la medida que puede desplazarse, en dirección radial, el eje, desde una posición límite hasta la opuesta, *figura 3*.

El juego de funcionamiento resulta del juego radial y de la variación del mismo a causa de las interferencias de ajuste y de las influencias de la temperatura con el rodamiento montado.



s = juego de funcionamiento

Figura 3
Juego de funcionamiento

Magnitud del juego de funcionamiento

La magnitud del juego de funcionamiento depende de las condiciones de servicio y de montaje del rodamiento, ver también el capítulo Mecanizado y ejecución de los apoyos, página 140.

Un juego de funcionamiento mayor es necesario, por ejemplo, en caso de aportación de calor a través del eje, por flexión de los ejes y a causa de un error de alineación.

Un juego de funcionamiento menor que CN sólo se debe aplicar en casos especiales, por ejemplo, para rodaduras de alta precisión.

El juego de funcionamiento normal se obtiene con el juego radial CN y, en rodamientos de grandes dimensiones, preferentemente con C3, si se respetan las tolerancias recomendadas para ejes y alojamientos, ver el capítulo Disposición de la rodadura, página 140.

Cálculo del juego de funcionamiento

El juego de funcionamiento se obtiene a partir de:

$$s = s_r - \Delta s_p - \Delta s_T$$

s μm
Juego de funcionamiento del rodamiento, montado y aún caliente del funcionamiento

s_r μm
Juego radial

Δs_p μm
Reducción del juego radial del rodamiento debida a los ajustes

Δs_T μm
Reducción del juego radial del rodamiento debida a la temperatura.

Datos de los rodamientos

Reducción del juego radial del rodamiento debida a los ajustes

El juego radial del rodamiento se reduce debido a los ajustes, a causa de la expansión del anillo interior y de la contracción del anillo exterior:

$$\Delta s_p = \Delta d + \Delta D$$

Δd μm
Expansión del anillo interior
 ΔD μm
Contracción del anillo exterior.

Expansión del anillo interior

La expansión del anillo interior se calcula mediante:

$$\Delta d \approx 0,9 \cdot U \cdot d/F \approx 0,8 \cdot U$$

d mm
Diámetro del agujero del anillo interior
 U μm
Interferencia teórica de las piezas de ajuste con apriete.
La interferencia teórica de las piezas de ajuste con apriete, se determina mediante los valores medios de las tolerancias, así como de los valores superiores o inferiores de las tolerancias del lado "pasa", deduciendo $1/3$ del campo de tolerancia de las piezas ajustadas.
Del resultado hay que deducir, además, el valor del laminado de la rugosidad superficial que se produce durante el montaje.
 F mm
Diámetro de la pista de rodadura del anillo interior.



¡En alojamientos de pared muy delgada o de metal ligero, determinar la reducción del juego radial del rodamiento mediante ensayos de montaje a prensa!

Contracción del anillo exterior

La contracción del anillo exterior se calcula mediante:

$$\Delta D \approx 0,8 \cdot U \cdot E/D \approx 0,7 \cdot U$$

E mm
Diámetro de la pista de rodadura del anillo exterior
 D mm
Diámetro exterior del anillo exterior.

Reducción del juego radial del rodamiento debida a la temperatura

El juego radial del rodamiento varía notablemente debido a una gran diferencia de temperatura entre los anillos interior y exterior.

$$\Delta s_T = \alpha \cdot d_M \cdot 1000 \cdot (\vartheta_{IR} - \vartheta_{AR})$$

Δs_T μm
Reducción del juego radial del rodamiento debida a la temperatura
 α K^{-1}
Coeficiente de dilatación térmica del acero: $\alpha = 0,000011 \text{ K}^{-1}$
 d_M mm
Diámetro medio del rodamiento $(d + D)/2$
 ϑ_{IR} $^{\circ}\text{C}, \text{K}$
Temperatura del anillo interior
 ϑ_{AR} $^{\circ}\text{C}, \text{K}$
Temperatura del anillo exterior
(diferencia usual de temperaturas entre los anillos interior y exterior: 5 K hasta 10 K).



¡En caso de ejes de arranque rápido, se debe prever un juego radial mayor, ya que no hay una compensación suficiente de temperatura entre el rodamiento, el eje y el alojamiento!

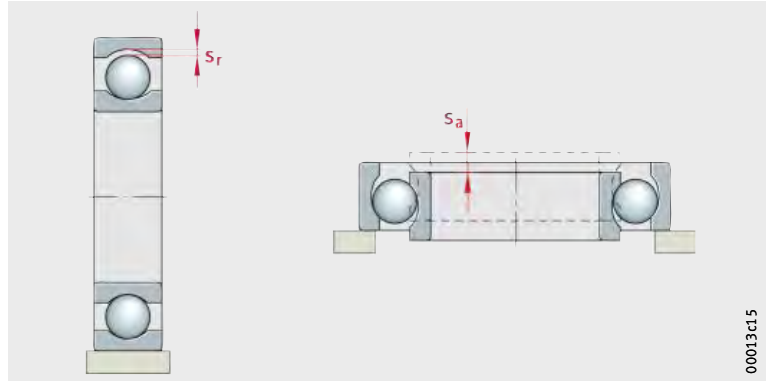
¡ Δs_T puede ser, en este caso, muy superior al registrado en funcionamiento permanente!

Juego axial

El juego axial s_a es la medida que puede desplazarse en sentido axial, a lo largo del eje del rodamiento y sin carga, un anillo respecto al otro, *figura 4*.

s_a = juego axial
 s_r = juego radial

Figura 4
 Juego axial en comparación con el juego radial



En diferentes tipos de rodamientos, el juego radial s_r y el juego axial s_a dependen uno de otro. Valores de referencia para la relación entre el juego radial y el juego axial para algunos tipos de rodamientos, ver tabla.

Relación entre los juegos radial y axial

| Tipo de rodamiento | Relación juego axial-juego radial s_a/s_r |
|--|---|
| Rodamientos oscilantes de bolas | $2,3 \cdot Y_0^{1)}$ |
| Rodamientos oscilantes de rodillos | $2,3 \cdot Y_0^{1)}$ |
| Rodamientos de rodillos cónicos de una hilera, dispuestos en parejas | $4,6 \cdot Y_0^{1)}$ |
| ajustados por parejas (N11CA) | $2,3 \cdot Y_0^{1)}$ |
| Rodamientos a bolas de dos hileras Series 32 y 33 | 1,4 |
| de contacto angular Series 32..-B y 33..-B | 2 |
| de una hilera Series 72..-B y 73..-B, dispuestos por parejas | 1,2 |
| Rodamientos con cuatro puntos de contacto | 1,4 |

¹⁾ Y_0 factor según las tablas de medidas.

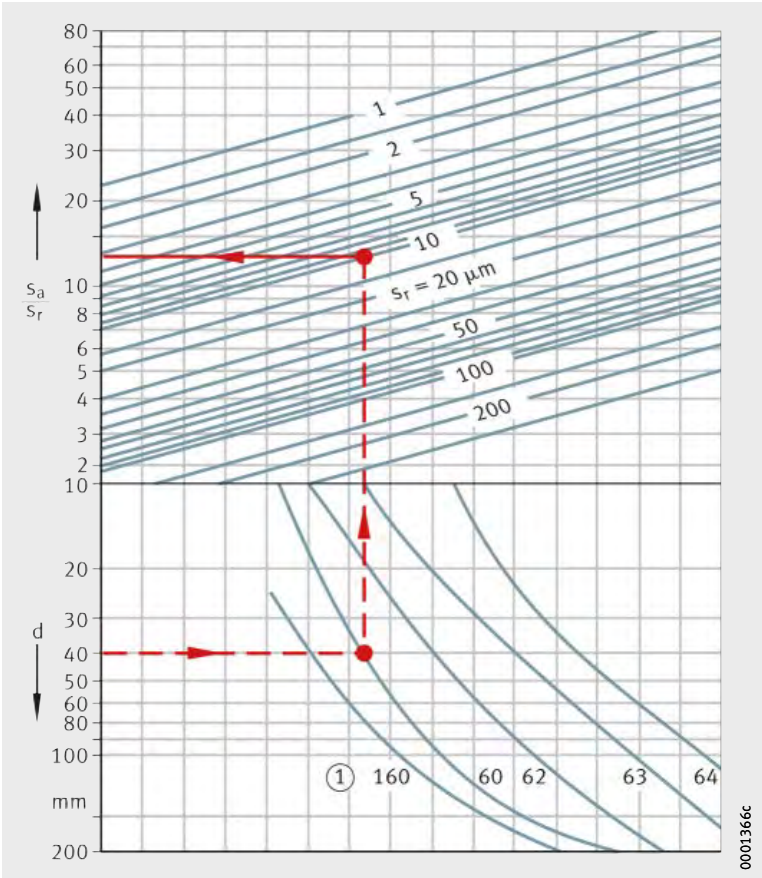
Datos de los rodamientos

Ejemplo de cálculo

El cálculo del juego axial para rodamientos rígidos a bolas, se muestra en el siguiente ejemplo:

| | |
|--|-----------------------|
| Rodamientos rígidos a bolas | 6008-C3 |
| Diámetro del agujero d | 40 mm |
| Juego radial antes del montaje | 15 μm hasta 33 μm |
| Juego radial efectivo | 24 μm |
| Tolerancias de montaje Eje | k5 |
| Alojamiento | J6 |
| Reducción del juego radial a causa del montaje | 14 μm |
| Juego radial después del montaje | 24 μm - 14 μm = 10 μm |
| Relación s_a/s_r , figura 5 | 13 |

Juego axial $s_a = 13 \cdot 10 \mu\text{m} = 130 \mu\text{m}$



① Serie de rodamientos
 s_a = juego axial
 s_r = juego radial
 d = diámetro del agujero del rodamiento

Figura 5
 Relación entre el juego radial y el juego axial para rodamientos rígidos a bolas

Materiales

Los rodamientos INA y FAG cumplen los requisitos en cuanto a la resistencia a la fatiga y al desgaste, la dureza, la tenacidad y la estabilidad de la estructura.

El material para los anillos y los elementos rodantes suele ser acero al cromo, de temple másico, con baja aleación y de gran pureza. Para los rodamientos sometidos a choques y flexiones alternas se utiliza también un acero de cementación (suministro bajo consulta).

En los últimos años, gracias a la calidad mejorada de los aceros para rodamientos, han aumentado notablemente las capacidades de carga.

La investigación y la experiencia práctica han confirmado que los rodamientos de acero estándar actuales consiguen una resistencia continua, si no deben soportar cargas extremas y si funcionan bajo condiciones favorables de lubricación y de limpieza.

High Nitrogen Steel

Con rodamientos especiales de HNS (High Nitrogen Steel), se pueden alcanzar duraciones de vida suficientes bajo las condiciones más duras (altas temperaturas, humedad, suciedad); suministro bajo consulta.

Aceros de alto rendimiento Cronidur y Cronitect

Para elevadas exigencias en cuanto al rendimiento, están disponibles aceros altamente resistentes a la corrosión, aceros martensíticos nitrogenados HNS como Cronidur y el recientemente desarrollado acero Cronitect.

Contrariamente al Cronidur, la alternativa más económica de Cronitect introduce el nitrógeno en el proceso de temple.

Ambos aceros son claramente muy estables con respecto a la corrosión y al desgaste así como muy resistentes a la fatiga, comparados con los usuales aceros inoxidable, ver la publicación TPI 64 Productos resistentes a la corrosión.

Materiales cerámicos

Para los rodamientos para husillos, híbridos de cerámica, se fabrican bolas de nitruro de silicio. Estas bolas de cerámica pesan mucho menos que las bolas de acero. Las fuerzas centrífugas y el rozamiento se reducen notablemente.

Los rodamientos híbridos permiten velocidades de giro máximas, incluso para lubricación con grasa, y alcanzan una larga vida útil y bajas temperaturas de funcionamiento.

Datos de los rodamientos

Materiales y componentes de los rodamientos

La siguiente tabla muestra los materiales adecuados y su aplicación en la técnica de los rodamientos.

Materiales y componentes de los rodamientos

| Material | Componentes de los rodamientos (ejemplo) |
|--|---|
| Acero al cromo de temple másico – Acero para rodamientos según ISO 683-17 | Anillos exterior e interior, discos axiales |
| HNS – High Nitrogen Steel | Anillos exterior e interior |
| Acero inoxidable – Acero para rodamientos según ISO 683-17 | Anillos exterior e interior |
| Acero de cementación | p.ej. anillos exteriores de los rodillos de apoyo |
| Acero de temple a la llama o por inducción | Bulones de los rodillos de levas |
| Fleje de acero según EN 10139, SAE J403 | Anillo exterior de los casquillos de agujas con y sin fondo |
| Nitruro de silicio | Bolas de cerámica |
| Aleación de latón | Jaula |
| Aleación de aluminio | Jaula |
| Poliamida (material termoplástico) | Jaula |
| NBR, FPM, PUR | Anillos obturadores |

Jaulas

Las funciones más importantes de la jaula son:

- Separar los elementos rodantes, para mantener el rozamiento y la generación de calor lo más bajos posible
- Mantener la misma distancia entre los elementos rodantes, para que la carga se distribuya uniformemente
- En el caso de rodamientos despiezables y basculantes, evitar que se caigan los elementos rodantes
- Guiar los elementos rodantes en la zona descargada del rodamiento.

Las jaulas de los rodamientos se dividen en: jaulas de chapa y jaulas macizas.

Jaulas de chapa

Generalmente, estas jaulas se fabrican de acero y, para algunos rodamientos, también de latón, *figura 6*, página 116.

En comparación con las jaulas macizas de metal, tienen un peso menor.

Como una jaula de chapa llena solamente una pequeña parte del espacio entre los anillos interior y exterior, el lubricante llega fácilmente al interior del rodamiento y se almacena en la jaula.

Generalmente, una jaula de chapa de acero sólo se indica en la referencia del rodamiento si no está prevista como ejecución estándar del mismo.

Jaulas macizas

Estas jaulas se fabrican de metal, de tejido duro y de plástico, *figura 7*, página 116. Se reconocen por la referencia del rodamiento.

Jaulas macizas de metal o de tejido duro

Las jaulas macizas de metal se utilizan para requisitos superiores en cuanto a la resistencia de la jaula, así como para altas temperaturas.

Las jaulas macizas se utilizan, asimismo, cuando se requiere un guiado por los bordes de la jaula. Las jaulas con guiado por los bordes, para rodamientos que giren a alta velocidad, se fabrican frecuentemente en materiales ligeros, como el metal ligero o el tejido duro, para que las fuerzas de inercia sean reducidas.

Jaulas macizas de poliamida PA66

Las jaulas macizas de poliamida 66 se fabrican mediante moldeo por inyección, *figura 8*, página 116. De esta manera, se pueden realizar formas de jaulas que permiten construcciones con capacidades de carga especialmente elevadas. La elasticidad y el peso reducido de la poliamida son favorables en caso de cargas de impacto sobre el rodamiento, fuertes aceleraciones y desaceleraciones y de inclinaciones de los anillos, uno respecto al otro. Las jaulas de poliamida tienen excelentes propiedades deslizantes y obturantes.

Las jaulas de poliamida 66 reforzada con fibra de vidrio son aptas para temperaturas constantes hasta +120 °C.



¡En caso de lubricación con aceite, los aditivos contenidos en el mismo pueden influir en la duración de vida de la jaula!
¡La relación entre la duración de vida de la jaula, la temperatura constante del anillo en reposo y el lubricante viene indicada en *figura 9*, página 117! ¡El aceite envejecido, y a temperaturas elevadas, puede reducir la duración de vida de la jaula, por lo que hay que respetar los períodos de cambio de aceite!

Datos de los rodamientos

Ejecuciones de jaulas

- ① Jaula de solapas para rodamientos rígidos a bolas
- ② Jaula remachada para rodamientos rígidos a bolas
- ③ Jaula de ventanas para rodamientos oscilantes de rodillos

Figura 6
Jaulas de chapa de acero



- ① Jaula maciza remachada para rodamientos rígidos a bolas
- ② Jaula de ventanas para rodamientos a bolas de contacto angular
- ③ Jaula con remaches para rodamientos de rodillos cilíndricos

Figura 7
Jaulas macizas de latón



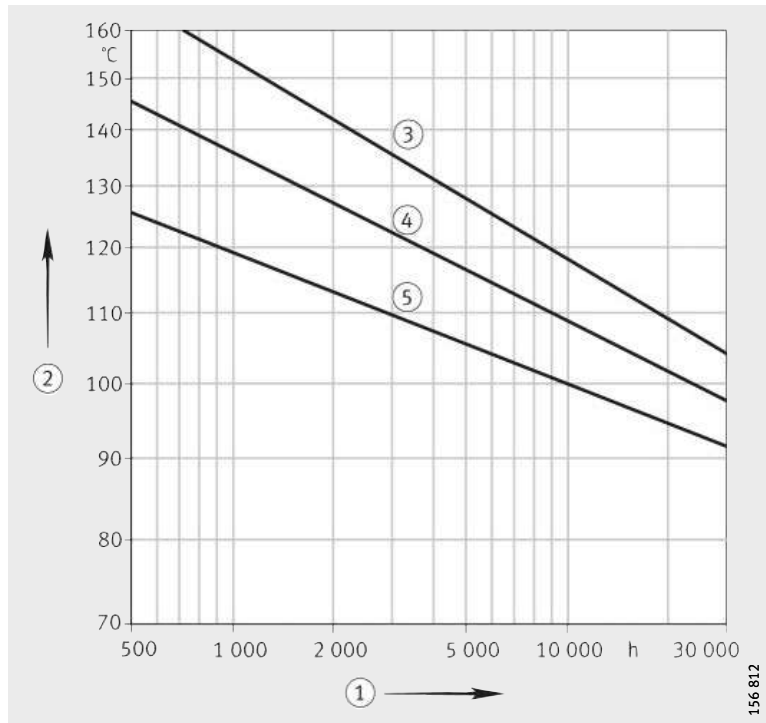
- ① Jaula de ventanas para rodamientos a bolas de contacto angular de una hilera
- ② Jaula de ventanas para rodamientos de rodillos cilíndricos

Figura 8
Jaulas macizas de poliamida reforzada con fibra de vidrio



- ① Vida útil de las jaulas de ventanas
- ② Las curvas son válidas para una temperatura constante del anillo en reposo. Si las altas temperaturas no actúan constantemente, la duración de vida de la jaula es más elevada.
- ③ Grasa lubricante K para rodamientos, según DIN 51 825, aceite de motor o aceite lubricante para máquinas
- ④ Aceite para engranajes
- ⑤ Aceite para engranajes helicoidales

Figura 9
Vida útil de jaulas de ventanas de poliamida PA66-GF25



Tipo de guiado

Otra característica de las jaulas es su tipo de guiado, *figura 10*. La mayoría de las jaulas se guían por los elementos rodantes y no tienen ningún sufijo para este tipo de guiado.

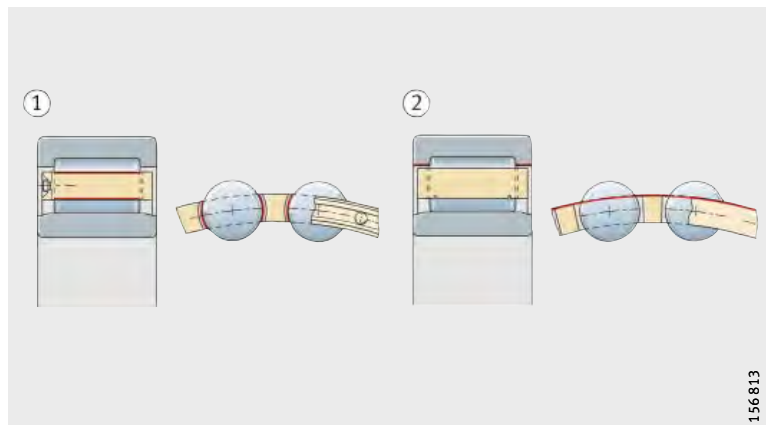
En caso de guiado por el anillo exterior del rodamiento, se utiliza el sufijo A. Las jaulas guiadas por el anillo interior tienen el sufijo B.

Normalmente, bajo condiciones de funcionamiento normales, son adecuadas las ejecuciones estándar de las jaulas. Las jaulas estándar que, dentro de una serie de rodamientos pueden ser diferentes en función de los tamaños, se describen en los capítulos de producto.

Las condiciones especiales de funcionamiento requieren jaulas especiales.

- Jaulas de rodamientos,
- ① guiadas por los elementos rodantes
- ② guiadas por los bordes

Figura 10
Guiado de las jaulas



Datos de los rodamientos

Temperatura de funcionamiento

Los rodamientos se someten a tratamientos térmicos especiales para que, en función del tipo constructivo, tengan una estabilidad de medidas hasta +120 °C (determinadas series hasta +150 °C).

Las temperaturas de funcionamiento superiores a +150 °C requieren un tratamiento térmico especial. Los rodamientos tratados de esta forma se suministran bajo consulta y tienen en la referencia los sufijos S1, S2, S3 y S4 según DIN 623-1, ver tabla.



¡Tener en cuenta las indicaciones sobre la temperatura en los capítulos de producto!

Sufijos de rodamientos para altas temperaturas

| Sufijos | S1 | S2 | S3 | S4 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Temperatura máx. de funcionamiento | +200 °C | +250 °C | +300 °C | +350 °C |

Rodillos-guía

Una temperatura de funcionamiento de +70 °C se considera como una temperatura normal. Tener en cuenta otras indicaciones sobre la temperatura en las descripciones de producto.

Rodamientos obturados

En los rodamientos obturados, la temperatura permisible depende de las exigencias en cuanto a la duración de funcionamiento de la carga de grasa y al efecto de las obturaciones rozantes.

Los rodamientos obturados están lubricados con grasas de calidad especialmente comprobada y muy eficaces. Durante un breve tiempo, estas grasas soportan +120 °C. A partir de una temperatura constante de +70 °C puede producirse una reducción de la duración de vida de las grasas estándar a base de jabón de litio.

En muchos casos, para altas temperaturas solamente se consiguen valores satisfactorios de la duración de funcionamiento utilizando grasas especiales. En estos casos hay que comprobar si se deben utilizar obturaciones a base de materiales resistentes al calor. El límite de aplicación de las obturaciones de contacto habituales es de +100 °C.



¡Cuando se utilizan materiales sintéticos aptos para altas temperaturas, para obturaciones y grasas, hay que tener en cuenta que los materiales fluorados son especialmente eficaces pero pueden emitir gases y vapores perjudiciales para la salud cuando se calientan a, aprox. +300 °C o temperaturas superiores!

¡Este caso se podría dar cuando, p.ej. durante el desmontaje de un rodamiento se utiliza un soplete de soldadura!

¡Las altas temperaturas son especialmente críticas para obturaciones de caucho fluorado (FKM, FPM, por ejemplo Viton) o grasas lubricantes fluoradas como, p.ej. las grasas para rodamientos Arcanol TEMP200 y grasas lubricantes según GA11!

¡Si no se pueden evitar las altas temperaturas, se debe tener en cuenta la hoja de datos sobre seguridad, válida para cada material fluorado, que se envía bajo consulta!

Protección anticorrosiva

Los rodamientos no son resistentes a la corrosión contra el agua ni contra medios que contengan bases y ácidos y, sin embargo, están expuestos frecuentemente a estos medios. Por ello, la protección anticorrosiva en estas aplicaciones es un factor decisivo para una larga duración de vida de los rodamientos.

Básicamente, se pueden utilizar aceros resistentes a la corrosión según ISO 693-17. Estos rodamientos tienen el prefijo S. Para elevados requisitos, existen los aceros de alto rendimiento Cronidur y Cronitect, ver página 113.

Recubrimiento Corrotect®

En muchas aplicaciones, el recubrimiento especial Corrotect® es más económico que los aceros resistentes a la corrosión o inoxidables.

Corrotect® es un recubrimiento superficial por galvanización, extremadamente delgado (espesor de la capa 0,5 µm hasta 3 µm). Este recubrimiento es efectivo en condiciones de humedad, agua sucia, niebla salina, detergentes ligeramente alcalinos y ligeramente ácidos.

Ventajas del recubrimiento

Las ventajas del recubrimiento especial Corrotect® son la protección anticorrosiva por todos los lados, también en las superficies torneadas de los chaflanes y radios, *figura 11*. Tampoco se produce, a largo plazo, la acumulación de óxido debajo de las obturaciones. Las zonas desnudas más pequeñas permanecen protegidas contra la corrosión gracias al efecto de protección catódica. En comparación con las partes no recubiertas, la duración de vida es considerablemente superior gracias a la protección anticorrosiva. Los rodamientos de construcción idéntica, sin recubrimiento, pueden sustituirse sin dificultad por otros con recubrimiento: no hay pérdidas de capacidad de carga (como en el caso de la utilización de aceros resistentes a la corrosión). Durante la rodadura no se requiere el uso de conservantes orgánicos.

- ① Con recubrimiento Corrotect®
- ② Sin recubrimiento

Figura 11
Anillos de un rodamiento después del ensayo de niebla salina

Montaje de rodamientos con recubrimiento anticorrosivo



¡Antes del montaje de rodamientos con recubrimiento Corrotect®, por norma, comprobar la compatibilidad con los nuevos fluidos!

¡Para reducir las fuerzas de montaje a presión, se debe engrasar ligeramente la superficie de las piezas que se ajustan, las tolerancias se aumentarán en un valor igual al espesor de la capa!



Datos de los rodamientos

Tolerancias dimensionales y de rotación

Si no se indica lo contrario, las tolerancias de los rodamientos radiales corresponden a DIN 620-2 (ISO 492), y las tolerancias de los rodamientos axiales a DIN 620-3 (ISO 199), *figura 12*.

La precisión corresponde a la clase de tolerancia PN.

Para rodamientos con mayor precisión, las tolerancias están limitadas a los valores de las clases P6, P5, P4 y P2.

Tablas de las diferentes clases de tolerancia, ver página 122 hasta página 135.

Rodamientos de precisión

Además de las clases normalizadas de tolerancia, los rodamientos de precisión se fabrican también en las clases de tolerancia P4S, SP y UP. Estas tolerancias se indican en las descripciones de producto de los rodamientos de precisión.

Procedimientos de medición

Para la verificación de los rodamientos son válidos los procedimientos de medición según DIN 620-1 (ISO 1 132-2).

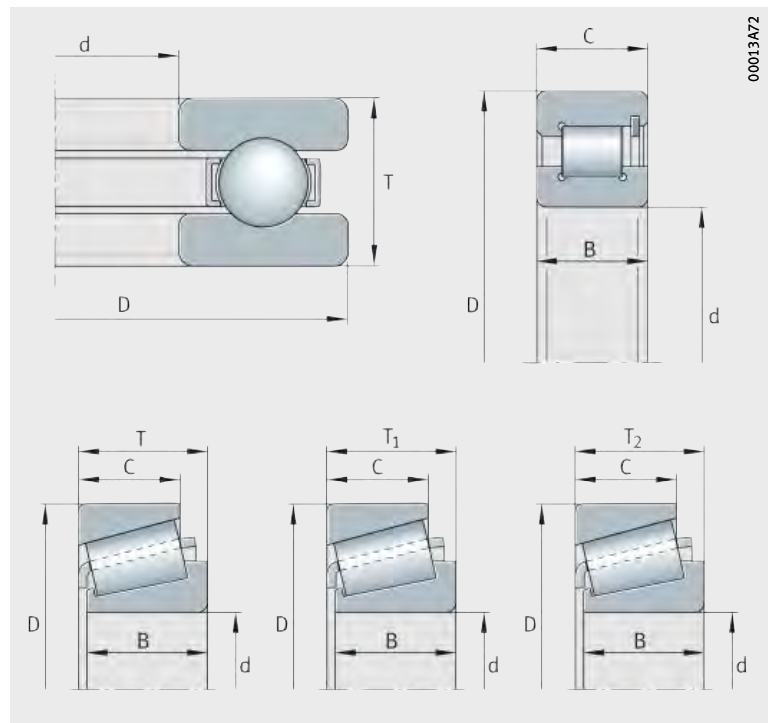


Figura 12
Medidas principales según DIN 620

Designaciones y símbolos de tolerancias

| Designaciones y símbolos de tolerancias | Característica de tolerancias según DIN 1 132 y DIN 620 |
|--|--|
| d | Diámetro nominal del agujero |
| Δ_{dmp} | Discrepancia del diámetro medio del agujero en un plano |
| Δ_{d1mp} | Discrepancia del diámetro mayor medio para agujeros cónicos |
| V_{dsp} | Oscilación de un diámetro único de un agujero en un plano individual |
| V_{dmp} | Oscilación del diámetro medio del agujero |
| D | Diámetro exterior nominal |
| Δ_{Dmp} | Discrepancia del diámetro exterior medio en un plano individual |
| V_{Dsp} | Oscilación de un diámetro exterior único en un plano individual |
| V_{Dmp} | Oscilación del diámetro exterior medio |
| B | Anchura nominal del anillo interior |
| Δ_{Bs} | Discrepancia de la anchura única de un anillo interior |
| V_{Bs} | Oscilación de la anchura del anillo interior |
| C | Anchura nominal del anillo exterior |
| Δ_{Cs} | Discrepancia de la anchura única de un anillo exterior |
| V_{Cs} | Oscilación de la anchura de un anillo exterior |
| K_{ia} | Precisión de giro del anillo interior, montado en el rodamiento |
| K_{ea} | Precisión de giro del anillo exterior, montado en el rodamiento |
| S_d | Salto axial de la cara frontal, respecto al agujero |
| S_D | Oscilación de la inclinación de la generatriz exterior, respecto a la cara lateral de referencia |
| S_{ia} | Salto axial del anillo interior, montado en el rodamiento |
| S_{ea} | Salto axial del anillo exterior, montado en el rodamiento |
| S_i | Oscilación del espesor del disco-eje |
| S_e | Oscilación del espesor del disco-alojamiento |
| T | Altura nominal de un rodamiento axial de simple efecto |
| T | Ancho total de un rodamiento de rodillos cónicos |
| T_{1s} | Ancho total de un rodamiento de rodillos cónicos, medido en un punto a través del aro interior y del aro exterior normal |
| T_{2s} | Ancho total de un rodamiento de rodillos cónicos, medido en un punto a través del aro exterior y del aro interior normal |
| $\Delta_{T_s}, \Delta_{T_{1s}}, \Delta_{T_{2s}}$ | Desviación del ancho total de un rodamiento de rodillos cónicos, medido en un punto, respecto a la dimensión nominal |

Datos de los rodamientos

Rodamientos radiales,
excepto rodamientos
de rodillos cónicos
Clase de tolerancia PN
Anillo interior
tolerancias en μm

| d | | Δ_{dmp} | | V_{dsp} Serie de diámetros | | | V_{dmp} | K_{ia} |
|-------------------|-------|-----------------------|----------|--|------|---------|------------------|-----------------|
| mm | | Límites | | 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | | |
| más de | hasta | superior | inferior | max. | max. | max. | max. | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 10 |
| 2,5 | 10 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 10 |
| 10 | 18 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 10 |
| 18 | 30 | 0 | -10 | 13 | 10 | 8 | 8 | 13 |
| 30 | 50 | 0 | -12 | 15 | 12 | 9 | 9 | 15 |
| 50 | 80 | 0 | -15 | 19 | 19 | 11 | 11 | 20 |
| 80 | 120 | 0 | -20 | 25 | 25 | 15 | 15 | 25 |
| 120 | 180 | 0 | -25 | 31 | 31 | 19 | 19 | 30 |
| 180 | 250 | 0 | -30 | 38 | 38 | 23 | 23 | 40 |
| 250 | 315 | 0 | -35 | 44 | 44 | 26 | 26 | 50 |
| 315 | 400 | 0 | -40 | 50 | 50 | 30 | 30 | 60 |
| 400 | 500 | 0 | -45 | 56 | 56 | 34 | 34 | 65 |
| 500 | 630 | 0 | -50 | 63 | 63 | 38 | 38 | 70 |
| 630 | 800 | 0 | -75 | - | - | - | - | 80 |
| 800 | 1 000 | 0 | -100 | - | - | - | - | 90 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | -125 | - | - | - | - | 100 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | -160 | - | - | - | - | 120 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | -200 | - | - | - | - | 140 |

Clase de tolerancia PN
Anillo interior
Continuación
Tolerancias en μm

| d | | Δ_{Bs} | | | | V_{Bs} |
|-------------------|-------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------|
| mm | | Límites normales | | Límites modificados ²⁾ | | |
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -40 | 0 | - | 12 |
| 2,5 | 10 | 0 | -120 | 0 | -250 | 15 |
| 10 | 18 | 0 | -120 | 0 | -250 | 20 |
| 18 | 30 | 0 | -120 | 0 | -250 | 20 |
| 30 | 50 | 0 | -120 | 0 | -250 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | -150 | 0 | -380 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | -200 | 0 | -380 | 25 |
| 120 | 180 | 0 | -250 | 0 | -500 | 30 |
| 180 | 250 | 0 | -300 | 0 | -500 | 30 |
| 250 | 315 | 0 | -350 | 0 | -500 | 35 |
| 315 | 400 | 0 | -400 | 0 | -630 | 40 |
| 400 | 500 | 0 | -450 | 0 | - | 50 |
| 500 | 630 | 0 | -500 | 0 | - | 60 |
| 630 | 800 | 0 | -750 | 0 | - | 70 |
| 800 | 1 000 | 0 | -1 000 | 0 | - | 80 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | -1 250 | 0 | - | 100 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | -1 600 | 0 | - | 120 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | -2 000 | 0 | - | 140 |

¹⁾ Este diámetro está incluido.

²⁾ Sólo para rodamientos fabricados especialmente para disposición por parejas.

Clase de tolerancia PN
Anillo exterior¹⁾
Tolerancias en μm

| D mm | | Δ_{Dmp} Límites | | V_{Dsp} | | | | $V_{Dmp}^{3)}$ | K_{ea} |
|-------------------|-------|---------------------------|----------|---|--------------|-----------------|---|----------------|----------|
| | | | | Rodamientos abiertos Series de diámetros | | | Rodamientos con tapas de protección u obturadores | | |
| más de | hasta | superior | inferior | 9 max. | 0, 1 max. | 2, 3, 4 max. | | max. | max. |
| 2,5 ²⁾ | 6 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 | 15 |
| 6 | 18 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 | 15 |
| 18 | 30 | 0 | -9 | 12 | 9 | 7 | 12 | 7 | 15 |
| 30 | 50 | 0 | -11 | 14 | 11 | 8 | 16 | 8 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | -13 | 16 | 13 | 10 | 20 | 10 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | -15 | 19 | 19 | 11 | 26 | 11 | 35 |
| 120 | 150 | 0 | -18 | 23 | 23 | 14 | 30 | 14 | 40 |
| 150 | 180 | 0 | -25 | 31 | 31 | 19 | 38 | 19 | 45 |
| 180 | 250 | 0 | -30 | 38 | 38 | 23 | - | 23 | 50 |
| 250 | 315 | 0 | -35 | 44 | 44 | 26 | - | 26 | 60 |
| 315 | 400 | 0 | -40 | 50 | 50 | 30 | - | 30 | 70 |
| 400 | 500 | 0 | -45 | 56 | 56 | 34 | - | 34 | 80 |
| 500 | 630 | 0 | -50 | 63 | 63 | 38 | - | 38 | 100 |
| 630 | 800 | 0 | -75 | 94 | 94 | 55 | - | 55 | 120 |
| 800 | 1 000 | 0 | -100 | 125 | 125 | 75 | - | 75 | 140 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | -125 | - | - | - | - | - | 160 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | -160 | - | - | - | - | - | 190 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | -200 | - | - | - | - | - | 220 |
| 2 000 | 2 500 | 0 | -250 | - | - | - | - | - | 250 |

¹⁾ Δ_{C_s} , $\Delta_{C_{1s}}$, V_{C_s} y $V_{C_{2s}}$ son idénticos a Δ_{B_s} y V_{B_s} para el anillo interior del rodamiento correspondiente (tabla Clase de tolerancia PN, Anillo interior, página 122).

²⁾ Este diámetro está incluido.

³⁾ Válido antes del montaje del rodamiento y después de haber retirado los anillos elásticos interior y/o exterior.

Datos de los rodamientos

Rodamientos radiales,
excepto rodamientos
de rodillos cónicos
Clase de tolerancia P6
Anillo interior
Tolerancias en μm

| d | | Δ_{dmp} | | V_{dsp} Serie de diámetros | | | V_{dmp} | K_{ia} |
|-------------------|-------|-----------------------|----------|--|------|---------|------------------|-----------------|
| mm | | Límites | | 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | max. | max. |
| más de | hasta | superior | inferior | max. | max. | max. | | |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -7 | 9 | 7 | 5 | 5 | 5 |
| 2,5 | 10 | 0 | -7 | 9 | 7 | 5 | 5 | 6 |
| 10 | 18 | 0 | -7 | 9 | 7 | 5 | 5 | 7 |
| 18 | 30 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 8 |
| 30 | 50 | 0 | -10 | 13 | 10 | 8 | 8 | 10 |
| 50 | 80 | 0 | -12 | 15 | 15 | 9 | 9 | 10 |
| 80 | 120 | 0 | -15 | 19 | 19 | 11 | 11 | 13 |
| 120 | 180 | 0 | -18 | 23 | 23 | 14 | 14 | 18 |
| 180 | 250 | 0 | -22 | 28 | 28 | 17 | 17 | 20 |
| 250 | 315 | 0 | -25 | 31 | 31 | 19 | 19 | 25 |
| 315 | 400 | 0 | -30 | 38 | 38 | 23 | 23 | 30 |
| 400 | 500 | 0 | -35 | 44 | 44 | 26 | 26 | 35 |
| 500 | 630 | 0 | -40 | 50 | 50 | 30 | 30 | 40 |

Clase de tolerancia P6
Anillo interior
Continuación
Tolerancias en μm

| d | | Δ_{Bs} | | | | V_{Bs} |
|-------------------|-------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------|
| mm | | Límites normales | | Límites modificados ²⁾ | | max. |
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -40 | - | - | 12 |
| 2,5 | 10 | 0 | -120 | 0 | -250 | 15 |
| 10 | 18 | 0 | -120 | 0 | -250 | 20 |
| 18 | 30 | 0 | -120 | 0 | -250 | 20 |
| 30 | 50 | 0 | -120 | 0 | -250 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | -150 | 0 | -380 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | -200 | 0 | -380 | 25 |
| 120 | 180 | 0 | -250 | 0 | -550 | 30 |
| 180 | 250 | 0 | -300 | 0 | -500 | 30 |
| 250 | 315 | 0 | -350 | 0 | -500 | 35 |
| 315 | 400 | 0 | -400 | 0 | -630 | 40 |
| 400 | 500 | 0 | -450 | - | - | 45 |
| 500 | 630 | 0 | -500 | - | - | 50 |

1) Este diámetro está incluido.

2) Sólo para rodamientos fabricados especialmente para disposición por parejas.

**Clase de tolerancia P6
Anillo exterior¹⁾
Tolerancias en μm**

| D mm | | Δ_{Dmp} Límites | | V_{Dsp} | | | | $V_{\text{Dmp}}^{3)}$ max. | K_{ea} max. |
|-------------------|-------|----------------------------------|----------|--|--------------|-----------------|---|-------------------------------|-------------------------|
| | | | | Rodamientos abiertos Serie de diámetros | | | Rodamientos con tapas de protección u obturadores max. | | |
| más de | hasta | superior | inferior | 9 max. | 0, 1 max. | 2, 3, 4 max. | | | |
| 2,5 ²⁾ | 6 | 0 | -7 | 9 | 7 | 5 | 9 | 5 | 8 |
| 6 | 18 | 0 | -7 | 9 | 7 | 5 | 9 | 5 | 8 |
| 18 | 30 | 0 | -8 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 | 9 |
| 30 | 50 | 0 | -9 | 11 | 9 | 7 | 13 | 7 | 10 |
| 50 | 80 | 0 | -11 | 14 | 11 | 8 | 16 | 8 | 13 |
| 80 | 120 | 0 | -13 | 16 | 16 | 10 | 20 | 10 | 18 |
| 120 | 150 | 0 | -15 | 19 | 19 | 11 | 25 | 11 | 20 |
| 150 | 180 | 0 | -18 | 23 | 23 | 14 | 30 | 14 | 23 |
| 180 | 250 | 0 | -20 | 25 | 25 | 15 | - | 15 | 25 |
| 250 | 315 | 0 | -25 | 31 | 31 | 19 | - | 19 | 30 |
| 315 | 400 | 0 | -28 | 35 | 35 | 21 | - | 21 | 35 |
| 400 | 500 | 0 | -33 | 41 | 41 | 25 | - | 25 | 40 |
| 500 | 630 | 0 | -38 | 48 | 48 | 29 | - | 29 | 50 |
| 630 | 800 | 0 | -45 | 56 | 56 | 34 | - | 34 | 60 |
| 800 | 1 000 | 0 | -60 | 75 | 75 | 45 | - | 45 | 75 |

¹⁾ Δ_{Cs} , Δ_{C1s} , V_{Cs} y V_{C2s} son idénticos a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el anillo interior del rodamiento correspondiente (tabla Clase de tolerancia P6, Anillo interior, página 124).

²⁾ Este diámetro está incluido.

³⁾ Válido antes del montaje del rodamiento y después de haber retirado los anillos elásticos interior y/o exterior.

Datos de los rodamientos

Rodamientos radiales,
excepto rodamientos
de rodillos cónicos
Clase de tolerancia P5
Anillo interior
Tolerancias en μm

| d | | Δ_{dmp} | | V_{dsp} Serie de diámetros | | V_{dmp} | K_{ia} | S_{d} |
|-------------------|-------|-----------------------|----------|---|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| mm | | Límites | | 9 | 0, 1, 2, 3, 4 | | | |
| más de | hasta | superior | inferior | max. | max. | max. | max. | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 7 |
| 2,5 | 10 | 0 | -5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 7 |
| 10 | 18 | 0 | -5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 7 |
| 18 | 30 | 0 | -6 | 6 | 5 | 3 | 4 | 8 |
| 30 | 50 | 0 | -8 | 8 | 6 | 4 | 5 | 8 |
| 50 | 80 | 0 | -9 | 9 | 7 | 5 | 5 | 8 |
| 80 | 120 | 0 | -10 | 10 | 8 | 5 | 6 | 9 |
| 120 | 180 | 0 | -13 | 13 | 10 | 7 | 8 | 10 |
| 180 | 250 | 0 | -15 | 15 | 12 | 8 | 10 | 11 |
| 250 | 315 | 0 | -18 | 18 | 14 | 9 | 13 | 13 |
| 315 | 400 | 0 | -23 | 23 | 18 | 12 | 15 | 15 |

Clase de tolerancia P5
Anillo interior
Continuación
Tolerancias en μm

| d | | $S_{\text{ia}}^{2)}$ | Δ_{Bs} | | | | V_{Bs} |
|-------------------|-------|----------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------|
| mm | | | Límites normales | | Límites modificados ³⁾ | | |
| más de | hasta | | superior | inferior | superior | inferior | |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | max. | 0 | -40 | 0 | -250 | max. |
| 2,5 | 10 | 7 | 0 | -40 | 0 | -250 | 5 |
| 10 | 18 | 7 | 0 | -80 | 0 | -250 | 5 |
| 18 | 30 | 8 | 0 | -120 | 0 | -250 | 5 |
| 30 | 50 | 8 | 0 | -120 | 0 | -250 | 5 |
| 50 | 80 | 8 | 0 | -150 | 0 | -250 | 6 |
| 80 | 120 | 9 | 0 | -200 | 0 | -380 | 7 |
| 120 | 180 | 10 | 0 | -250 | 0 | -380 | 8 |
| 180 | 250 | 13 | 0 | -300 | 0 | -500 | 10 |
| 250 | 315 | 15 | 0 | -350 | 0 | -500 | 13 |
| 315 | 400 | 20 | 0 | -400 | 0 | -630 | 15 |

1) Este diámetro está incluido.

2) Sólo para rodamientos rígidos a bolas y rodamientos a bolas de contacto angular.

3) Sólo para rodamientos fabricados especialmente para disposición por parejas.

**Clase de tolerancia P5
Anillo exterior¹⁾
Tolerancias en μm**

| D mm | | Δ_{Dmp} Límites | | $V_{\text{Dsp}}^{3)}$ Serie de diámetros | | $V_{\text{Dmp}}^{4)}$ max. | K_{ea} max. | S_{D} max. | $S_{\text{ea}}^{5)}$ max. | V_{Cs} max. |
|-------------------|-------|----------------------------------|---------------|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | | | | 9 max. | 0, 1, 2, 3, 4 max. | | | | | |
| más de | hasta | supe- rior | infe- rior | | | | | | | |
| 2,5 ²⁾ | 6 | 0 | -5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 8 | 8 | 5 |
| 6 | 18 | 0 | -5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 8 | 8 | 5 |
| 18 | 30 | 0 | -6 | 6 | 5 | 3 | 6 | 8 | 8 | 5 |
| 30 | 50 | 0 | -7 | 7 | 5 | 4 | 7 | 8 | 8 | 5 |
| 50 | 80 | 0 | -9 | 9 | 7 | 5 | 8 | 8 | 10 | 6 |
| 80 | 120 | 0 | -10 | 10 | 8 | 5 | 10 | 9 | 11 | 8 |
| 120 | 150 | 0 | -11 | 11 | 8 | 6 | 11 | 10 | 13 | 8 |
| 150 | 180 | 0 | -13 | 13 | 10 | 7 | 13 | 10 | 14 | 8 |
| 180 | 250 | 0 | -15 | 15 | 11 | 8 | 15 | 11 | 15 | 10 |
| 250 | 315 | 0 | -18 | 18 | 14 | 9 | 18 | 13 | 18 | 11 |
| 315 | 400 | 0 | -20 | 20 | 15 | 10 | 20 | 13 | - | 13 |
| 400 | 500 | 0 | -23 | 23 | 17 | 12 | 23 | 15 | - | 15 |
| 500 | 630 | 0 | -28 | 28 | 21 | 14 | 25 | 18 | - | 18 |
| 630 | 800 | 0 | -35 | 35 | 26 | 18 | 30 | 20 | - | 20 |

¹⁾ Δ_{Cs} es idéntico a Δ_{Bs} para el anillo interior del rodamiento correspondiente (tabla Clase de tolerancia P5, Anillo interior, página 126).

²⁾ Este diámetro está incluido.

³⁾ Para rodamientos radiales a bolas con tapas de protección y discos obturadores, no se ha fijado ningún valor.

⁴⁾ Válido antes del montaje del rodamiento y después de haber retirado los anillos elásticos interior y/o exterior.

⁵⁾ Sólo para rodamientos rígidos a bolas y rodamientos a bolas de contacto angular.

Datos de los rodamientos

Rodamientos radiales,
excepto rodamientos
de rodillos cónicos
Clase de tolerancia P4
Anillo interior
Tolerancias en μm

| d | | Δ_{dmp} | | Δ_{ds} | | V_{dsp} | | V_{dmp} | K_{ia} |
|-------------------|-------|-----------------------|----------|----------------------|----------|------------------|---------------|------------------|-----------------|
| mm | | Límites | | Serie de diámetros | | 9 | 0, 1, 2, 3, 4 | | |
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | | | max. | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 3 | 2 | 2,5 |
| 2,5 | 10 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 3 | 2 | 2,5 |
| 10 | 18 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 3 | 2 | 2,5 |
| 18 | 30 | 0 | -5 | 0 | -5 | 5 | 4 | 2,5 | 3 |
| 30 | 50 | 0 | -6 | 0 | -6 | 6 | 5 | 3 | 4 |
| 50 | 80 | 0 | -7 | 0 | -7 | 7 | 5 | 3,5 | 4 |
| 80 | 120 | 0 | -8 | 0 | -8 | 8 | 6 | 4 | 5 |
| 120 | 180 | 0 | -10 | 0 | -10 | 10 | 8 | 5 | 6 |
| 180 | 250 | 0 | -12 | 0 | -12 | 12 | 9 | 6 | 8 |

Clase de tolerancia P4
Anillo interior
Continuación
Tolerancias en μm

| d | | S_{d} | $S_{\text{ia}}^{2)}$ | Δ_{Bs} | | | | V_{Bs} |
|-------------------|-------|----------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------|
| mm | | | | Límites normales | | Límites modificados ³⁾ | | |
| más de | hasta | max. | max. | superior | inferior | superior | inferior | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 3 | 3 | 0 | -40 | 0 | -250 | 2,5 |
| 2,5 | 10 | 3 | 3 | 0 | -40 | 0 | -250 | 2,5 |
| 10 | 18 | 3 | 3 | 0 | -80 | 0 | -250 | 2,5 |
| 18 | 30 | 4 | 4 | 0 | -120 | 0 | -250 | 2,5 |
| 30 | 50 | 4 | 4 | 0 | -120 | 0 | -250 | 3 |
| 50 | 80 | 5 | 5 | 0 | -150 | 0 | -250 | 4 |
| 80 | 120 | 5 | 5 | 0 | -200 | 0 | -380 | 4 |
| 120 | 180 | 6 | 6 | 0 | -250 | 0 | -380 | 5 |
| 180 | 250 | 7 | 7 | 0 | -300 | 0 | -500 | 6 |

1) Este diámetro está incluido.

2) Sólo para rodamientos rígidos a bolas y rodamientos a bolas de contacto angular.

3) Sólo para rodamientos fabricados especialmente para disposición por parejas.

**Clase de tolerancia P4
Anillo exterior
Tolerancias en μm**

| D | | Δ_{Dmp} | | Δ_{Ds} | | $V_{Dsp}^{2)}$ | | V_{Dmp} | K_{ea} |
|-------------------|-------|----------------|----------|---------------|----------|--------------------|---------------|-----------|----------|
| mm | | Límites | | Límites | | Serie de diámetros | | | |
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | 9 | 0, 1, 2, 3, 4 | | |
| | | | | max. | max. | max. | max. | max. | max. |
| 2,5 ¹⁾ | 6 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 6 | 18 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 18 | 30 | 0 | -5 | 0 | -5 | 5 | 4 | 2,5 | 4 |
| 30 | 50 | 0 | -6 | 0 | -6 | 6 | 5 | 3 | 5 |
| 50 | 80 | 0 | -7 | 0 | -7 | 7 | 5 | 3,5 | 5 |
| 80 | 120 | 0 | -8 | 0 | -8 | 8 | 6 | 4 | 6 |
| 120 | 150 | 0 | -9 | 0 | -9 | 9 | 7 | 5 | 7 |
| 150 | 180 | 0 | -10 | 0 | -10 | 10 | 8 | 5 | 8 |
| 180 | 250 | 0 | -11 | 0 | -11 | 11 | 8 | 6 | 10 |
| 250 | 315 | 0 | -13 | 0 | -13 | 13 | 10 | 7 | 11 |
| 315 | 400 | 0 | -15 | 0 | -15 | 15 | 11 | 8 | 13 |

**Clase de tolerancia P4
Anillo exterior
Continuación
Tolerancias en μm**

| D | | S_D | $S_{ea}^{3)}$ | Δ_{Cs} | V_{Cs} |
|-------------------|-------|----------|---------------|--|----------|
| mm | | S_{D1} | | | |
| más de | hasta | max. | max. | | max. |
| 2,5 ¹⁾ | 6 | 4 | 5 | Δ_{Cs} y V_{Cs} son idénticos a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el anillo interior del rodamiento correspondiente (tabla Clase de tolerancia P4, Anillo interior, página 128) | 2,5 |
| 6 | 18 | 4 | 5 | | 2,5 |
| 18 | 30 | 4 | 5 | | 2,5 |
| 30 | 50 | 4 | 5 | | 2,5 |
| 50 | 80 | 4 | 5 | | 3 |
| 80 | 120 | 5 | 6 | | 4 |
| 120 | 150 | 5 | 7 | | 5 |
| 150 | 180 | 5 | 8 | | 5 |
| 180 | 250 | 7 | 10 | | 7 |
| 250 | 315 | 8 | 10 | | 7 |
| 315 | 400 | 10 | 13 | 8 | |

1) Este diámetro está incluido.

2) Para rodamientos con tapas de protección y discos obturadores, no se ha fijado ningún valor.

3) Sólo para rodamientos rígidos a bolas y rodamientos a bolas de contacto angular.

Datos de los rodamientos

Rodamientos radiales,
excepto rodamientos
de rodillos cónicos
Clase de tolerancia P2
Anillo interior
Tolerancias en μm

| d mm | | Δ_{dmp} Límites | | Δ_{ds} Límites | | V_{dsp} | V_{dmp} | K_{ia} |
|-------------------|-------|----------------------------------|----------|---------------------------------|----------|------------------|------------------|-----------------|
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | max. | max. | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |
| 2,5 | 10 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |
| 10 | 18 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |
| 18 | 30 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 2,5 |
| 30 | 50 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 2,5 |
| 50 | 80 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 2 | 2,5 |
| 80 | 120 | 0 | -5 | 0 | -5 | 5 | 2,5 | 2,5 |
| 120 | 150 | 0 | -7 | 0 | -7 | 7 | 3,5 | 2,5 |
| 150 | 180 | 0 | -7 | 0 | -7 | 7 | 3,5 | 5 |
| 180 | 250 | 0 | -8 | 0 | -8 | 8 | 4 | 5 |

Clase de tolerancia P2
Anillo interior
Continuación
Tolerancias en μm

| d mm | | S_{d} | S_{ia} ²⁾ | Δ_{Bs} Límites normales | | V_{Bs} |
|-------------------|-------|----------------|-------------------------------|--|----------|-----------------|
| más de | hasta | max. | max. | superior | inferior | max. |
| 0,6 ¹⁾ | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 0 | -40 | 1,5 |
| 2,5 | 10 | 1,5 | 1,5 | 0 | -40 | 1,5 |
| 10 | 18 | 1,5 | 1,5 | 0 | -80 | 1,5 |
| 18 | 30 | 1,5 | 2,5 | 0 | -120 | 1,5 |
| 30 | 50 | 1,5 | 2,5 | 0 | -120 | 1,5 |
| 50 | 80 | 1,5 | 2,5 | 0 | -150 | 1,5 |
| 80 | 120 | 2,5 | 2,5 | 0 | -200 | 2,5 |
| 120 | 150 | 2,5 | 2,5 | 0 | -250 | 2,5 |
| 150 | 180 | 4 | 5 | 0 | -300 | 4 |
| 180 | 250 | 5 | 5 | 0 | -350 | 5 |

1) Este diámetro está incluido.

2) Sólo para rodamientos rígidos a bolas y rodamientos a bolas de contacto angular.

Clase de tolerancia P2
Anillo exterior
Tolerancias en μm

| D mm | | Δ_{Dmp} Límites | | Δ_{Ds} Límites | | $V_{Dsp}^{2)}$ | V_{Dmp} | K_{ea} |
|-------------------|-------|---------------------------|----------|--------------------------|----------|----------------|-----------|----------|
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | max. | max. | max. |
| 2,5 ¹⁾ | 6 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |
| 6 | 18 | 0 | -2,5 | 0 | -2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |
| 18 | 30 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 2 | 2,5 |
| 30 | 50 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 2 | 2,5 |
| 50 | 80 | 0 | -4 | 0 | -4 | 4 | 2 | 4 |
| 80 | 120 | 0 | -5 | 0 | -5 | 5 | 2,5 | 5 |
| 120 | 150 | 0 | -5 | 0 | -5 | 5 | 2,5 | 5 |
| 150 | 180 | 0 | -7 | 0 | -7 | 7 | 2,5 | 5 |
| 180 | 250 | 0 | -8 | 0 | -8 | 8 | 4 | 7 |
| 250 | 315 | 0 | -8 | 0 | -8 | 8 | 4 | 7 |
| 315 | 400 | 0 | -10 | 0 | -10 | 10 | 5 | 8 |

Clase de tolerancia P2
Anillo exterior
Continuación
Tolerancias en μm

| D mm | | S_D S_{D1} | $S_{ea}^{3)}$ | Δ_{Cs} | V_{Cs} |
|-------------------|-------|-------------------|---------------|--|----------|
| más de | hasta | max. | max. | | max. |
| 2,5 ¹⁾ | 6 | 1,5 | 1,5 | Δ_{Cs} y V_{Cs} son idénticos a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el anillo interior del rodamiento correspondiente (Tabla Clase de tolerancia P2, Anillo interior, página 130) | 1,5 |
| 6 | 18 | 1,5 | 1,5 | | 1,5 |
| 18 | 30 | 1,5 | 2,5 | | 1,5 |
| 30 | 50 | 1,5 | 2,5 | | 1,5 |
| 50 | 80 | 1,5 | 4 | | 1,5 |
| 80 | 120 | 2,5 | 5 | | 2,5 |
| 120 | 150 | 2,5 | 5 | | 2,5 |
| 150 | 180 | 2,5 | 5 | | 2,5 |
| 180 | 250 | 4 | 7 | | 4 |
| 250 | 315 | 5 | 7 | | 5 |
| 315 | 400 | 7 | 8 | | 7 |

1) Este diámetro está incluido.

2) Para rodamientos con tapas de protección y discos obturadores, no se ha fijado ningún valor.

3) Sólo para rodamientos rígidos a bolas y rodamientos a bolas de contacto angular.

Datos de los rodamientos

Tolerancias para agujeros cónicos, conicidad 1:12
Tolerancias en μm

| Diámetro del agujero | | Clase de tolerancia PN | | | | |
|----------------------|-------|--|----------|---------------|--|----------|
| d mm | | Δ_{dmp} Límites μm | | $V_{dp}^{1)}$ | $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ Límites μm | |
| más de | hasta | superior | inferior | max. | superior | inferior |
| 18 | 30 | +21 | 0 | 13 | +21 | 0 |
| 30 | 50 | +25 | 0 | 15 | +25 | 0 |
| 50 | 80 | +30 | 0 | 19 | +30 | 0 |
| 80 | 120 | +35 | 0 | 25 | +35 | 0 |
| 120 | 180 | +40 | 0 | 31 | +40 | 0 |
| 180 | 250 | +46 | 0 | 38 | +46 | 0 |
| 250 | 315 | +52 | 0 | 44 | +52 | 0 |
| 315 | 400 | +57 | 0 | 50 | +57 | 0 |
| 400 | 500 | +63 | 0 | 56 | +63 | 0 |
| 500 | 630 | +70 | 0 | – | +70 | 0 |
| 630 | 800 | +80 | 0 | – | +80 | 0 |
| 800 | 1 000 | +90 | 0 | – | +90 | 0 |

1) Válido en cualquier sección radial del agujero.

Tolerancias para agujeros cónicos, conicidad 1:30
Tolerancias en μm

| Diámetro del agujero | | Clase de tolerancia PN | | | | |
|----------------------|-------|--|----------|---------------|--|----------|
| d mm | | Δ_{dmp} Límites μm | | $V_{dp}^{1)}$ | $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ Límites μm | |
| más de | hasta | superior | inferior | max. | superior | inferior |
| – | 80 | +15 | 0 | 19 | +35 | 0 |
| 80 | 120 | +20 | 0 | 25 | +40 | 0 |
| 120 | 180 | +25 | 0 | 31 | +50 | 0 |
| 180 | 250 | +30 | 0 | 38 | +55 | 0 |
| 250 | 315 | +35 | 0 | 44 | +60 | 0 |
| 315 | 400 | +40 | 0 | 50 | +65 | 0 |
| 400 | 500 | +45 | 0 | 56 | +75 | 0 |
| 500 | 630 | +50 | 0 | 63 | +85 | 0 |
| 630 | 800 | +75 | 0 | – | +100 | 0 |
| 800 | 1 000 | +100 | 0 | – | +100 | 0 |

1) Válido en cualquier sección radial del agujero.

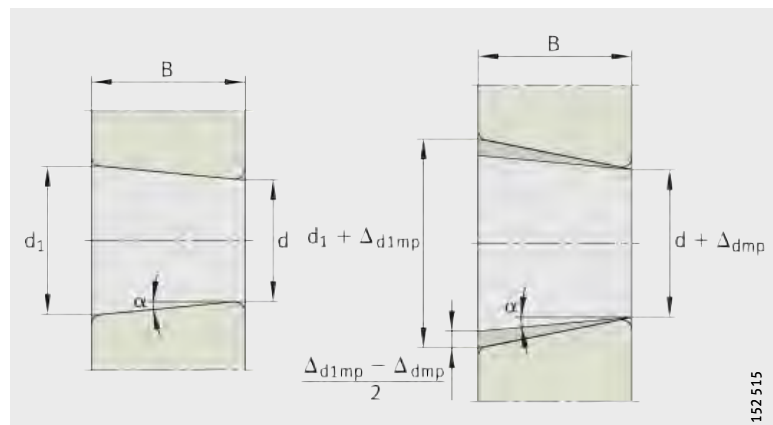
Conicidad 1:12
Medio ángulo cónico $\alpha = 2^{\circ}23' 9,4''$;
diámetro teórico mayor

$$d_1 = d + \frac{1}{12} \times B$$

Conicidad 1:30
Medio ángulo cónico $\alpha = 0^{\circ}57' 17,4''$;
diámetro teórico mayor

$$d_1 = d + \frac{1}{30} \times B$$

Figura 13
Tolerancias para agujeros cónicos



Rodamientos axiales
Tolerancias del diámetro
del agujero para anillos de eje
según ISO 199, DIN 620-3
Tolerancias en μm

| d mm | | PN (tolerancia normal), P6 y P5 | | | P4 | | |
|---------|-------|------------------------------------|-------|------------------|---------------------------|----------|------------------|
| | | Δ_{dmp} Límites | | V_{dp} max. | Δ_{dmp} Límites | | V_{dp} max. |
| | | más de | hasta | | superior | inferior | |
| - | 18 | 0 | -8 | 6 | 0 | -7 | 5 |
| 18 | 30 | 0 | -10 | 8 | 0 | -8 | 6 |
| 30 | 50 | 0 | -12 | 9 | 0 | -10 | 8 |
| 50 | 80 | 0 | -15 | 11 | 0 | -12 | 9 |
| 80 | 120 | 0 | -20 | 15 | 0 | -15 | 11 |
| 120 | 180 | 0 | -25 | 19 | 0 | -18 | 14 |
| 180 | 250 | 0 | -30 | 23 | 0 | -22 | 17 |
| 250 | 315 | 0 | -35 | 26 | 0 | -25 | 19 |
| 315 | 400 | 0 | -40 | 30 | 0 | -30 | 23 |
| 400 | 500 | 0 | -45 | 34 | 0 | -35 | 26 |
| 500 | 630 | 0 | -50 | 38 | 0 | -40 | 30 |
| 630 | 800 | 0 | -75 | 56 | 0 | -50 | - |
| 800 | 1 000 | 0 | -100 | 75 | 0 | - | - |
| 1 000 | 1 250 | 0 | -125 | 95 | 0 | - | - |

Tolerancias del diámetro exterior
para anillos de alojamiento
según ISO 199, DIN 620-3
Tolerancias en μm

| D mm | | PN (tolerancia normal), P6 y P5 | | | P4 | | |
|---------|-------|------------------------------------|-------|------------------|---------------------------|----------|------------------|
| | | Δ_{Dmp} Límites | | V_{Dp} max. | Δ_{Dmp} Límites | | V_{Dp} max. |
| | | más de | hasta | | superior | inferior | |
| 10 | 18 | 0 | -11 | 8 | 0 | -7 | 5 |
| 18 | 30 | 0 | -13 | 10 | 0 | -8 | 6 |
| 30 | 50 | 0 | -16 | 12 | 0 | -9 | 7 |
| 50 | 80 | 0 | -19 | 14 | 0 | -11 | 8 |
| 80 | 120 | 0 | -22 | 17 | 0 | -13 | 10 |
| 120 | 180 | 0 | -25 | 19 | 0 | -15 | 11 |
| 180 | 250 | 0 | -30 | 23 | 0 | -20 | 15 |
| 250 | 315 | 0 | -35 | 26 | 0 | -25 | 19 |
| 315 | 400 | 0 | -40 | 30 | 0 | -28 | 21 |
| 400 | 500 | 0 | -45 | 34 | 0 | -33 | 25 |
| 500 | 630 | 0 | -50 | 38 | 0 | -38 | 29 |
| 630 | 800 | 0 | -75 | 55 | 0 | -45 | 34 |
| 800 | 1 000 | 0 | -100 | 75 | - | - | - |
| 1 000 | 1 250 | 0 | -125 | 75 | - | - | - |
| 1 250 | 1 600 | 0 | -160 | 120 | - | - | - |

Datos de los rodamientos

Oscilación del espesor de los anillos de eje y anillos de alojamiento
Tolerancias en μm

| d mm | | S_i | | | | S_e PN (tolerancia normal), P6, P5, P4 |
|---------|-------|-----------------------------------|------------|------------|------------|---|
| | | PN (tolerancia normal) max. | P6 max. | P5 max. | P4 max. | |
| más de | hasta | | | | | Idéntico a S_i para el anillo de eje del rodamiento correspondiente |
| – | 18 | 10 | 5 | 3 | 2 | |
| 18 | 30 | 10 | 5 | 3 | 2 | |
| 30 | 50 | 10 | 6 | 3 | 2 | |
| 50 | 80 | 10 | 7 | 4 | 3 | |
| 80 | 120 | 15 | 8 | 4 | 3 | |
| 120 | 180 | 15 | 9 | 5 | 4 | |
| 180 | 250 | 20 | 10 | 5 | 4 | |
| 250 | 315 | 25 | 13 | 7 | 5 | |
| 315 | 400 | 30 | 15 | 7 | 5 | |
| 400 | 500 | 30 | 18 | 9 | 6 | |
| 500 | 630 | 35 | 21 | 11 | 7 | |
| 630 | 800 | 40 | 25 | 13 | 8 | |
| 800 | 1 000 | 45 | 30 | 15 | 8 | |
| 1 000 | 1 250 | 50 | 35 | 18 | 9 | |

Tolerancias de la altura nominal

Estas tolerancias se indican en la tabla de página 135.

Las designaciones correspondientes vienen indicadas en *figura 14*.

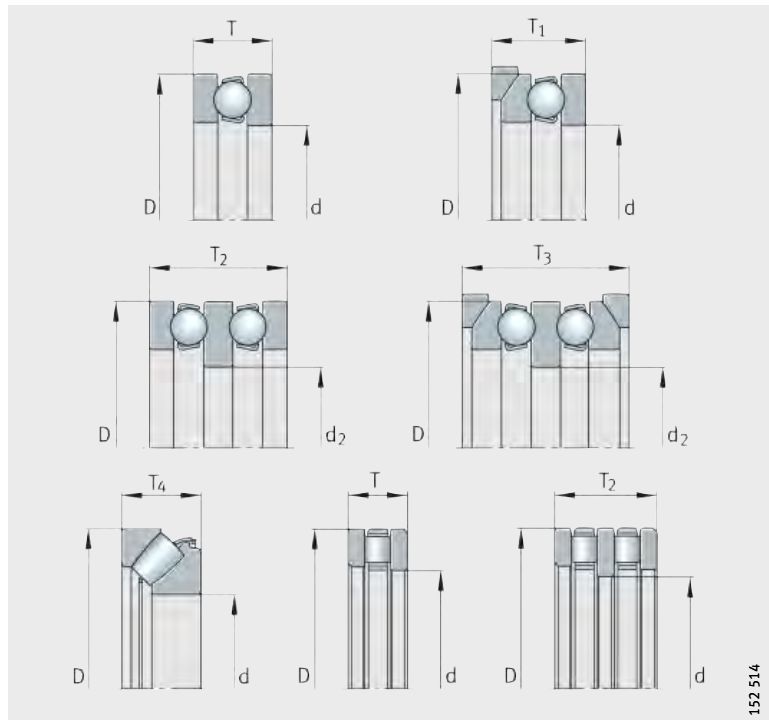


Figura 14
Tolerancias de la altura nominal del rodamiento

Tolerancias de la altura nominal del rodamiento
Tolerancias en μm

| d mm | | T Límites | | T ₁ Límites | | T ₂ Límites | |
|---------|-------|--------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior | superior | inferior |
| - | 30 | 20 | -250 | 100 | -250 | 150 | -400 |
| 30 | 50 | 20 | -250 | 100 | -250 | 150 | -400 |
| 50 | 80 | 20 | -300 | 100 | -300 | 150 | -500 |
| 80 | 120 | 25 | -300 | 150 | -300 | 200 | -500 |
| 120 | 180 | 25 | -400 | 150 | -400 | 200 | -600 |
| 180 | 250 | 30 | -400 | 150 | -400 | 250 | -600 |
| 250 | 315 | 40 | -400 | 200 | -400 | 350 | -700 |
| 315 | 400 | 40 | -500 | 200 | -500 | 350 | -700 |
| 400 | 500 | 50 | -500 | 300 | -500 | 400 | -900 |
| 500 | 630 | 60 | -600 | 350 | -600 | 500 | -1 100 |
| 630 | 800 | 70 | -750 | 400 | -750 | 600 | -1 300 |
| 800 | 1 000 | 80 | -1 000 | 450 | -1 000 | 700 | -1 500 |
| 1 000 | 1 250 | 100 | -1 400 | 500 | -1 400 | 900 | -1 800 |

Tolerancias de la altura nominal del rodamiento
Continuación
Tolerancias en μm

| d mm | | T ₃ Límites | | T ₄ Límites | |
|---------|-------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
| más de | hasta | superior | inferior | superior | inferior |
| - | 30 | 300 | -400 | 20 | -300 |
| 30 | 50 | 300 | -400 | 20 | -300 |
| 50 | 80 | 300 | -500 | 20 | -400 |
| 80 | 120 | 400 | -500 | 25 | -400 |
| 120 | 180 | 400 | -600 | 25 | -500 |
| 180 | 250 | 500 | -600 | 30 | -500 |
| 250 | 315 | 600 | -700 | 40 | -700 |
| 315 | 400 | 600 | -700 | 40 | -700 |
| 400 | 500 | 750 | -900 | 50 | -900 |
| 500 | 630 | 900 | -1 100 | 60 | -1 200 |
| 630 | 800 | 1 100 | -1 300 | 70 | -1 400 |
| 800 | 1 000 | 1 300 | -1 500 | 80 | -1 800 |
| 1 000 | 1 250 | 1 600 | -1 800 | 100 | -2 400 |

Datos de los rodamientos

Distancias a los cantos y chaflanes

Las medidas para las distancias a los cantos y chaflanes corresponden a DIN 620-6.

Rodamientos radiales, excepto rodamientos de rodillos cónicos

Los valores mínimos y máximos para los rodamientos se indican en la tabla Valores límite de las distancias a los cantos, según DIN 620-6, página 137.

Para casquillos de agujas HK, casquillos de agujas con fondo BK y rodamientos de agujas autoalineables PNA y RPNA, las distancias a los cantos y chaflanes difieren de DIN 620-6. En las tablas de medidas se indican los valores límite inferiores de r .

Para las distancias a los cantos y chaflanes para rodamientos de rodillos cónicos, ver página 138 y, para rodamientos axiales, página 139.

- ① Sección simétrica del rodamiento con cantos idénticos en ambos anillos
- ② Sección simétrica del rodamiento con cantos distintos en ambos anillos
- ③ Sección asimétrica de los anillos
- ④ Ranura circular en el anillo exterior, rodamiento con aro-reborde lateral
- ⑤ Anillo angular

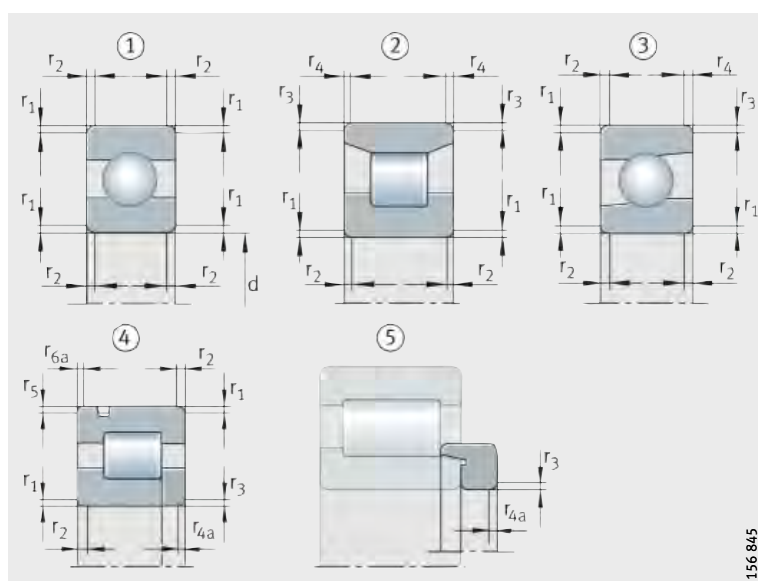


Figura 15
Distancias a los cantos y chaflanes para rodamientos radiales, excepto rodamientos de rodillos cónicos

156 845

**Valores límite de las distancias
a los cantos y chaflanes
según DIN 620-6**

| r ¹⁾ mm | d | | r ₁ hasta r _{6a} min. mm | r ₁ , r ₃ , r ₅ max. mm | r ₂ , r ₄ , r ₆ ²⁾ max. mm | r _{4a} , r _{6a} max. mm |
|-----------------------|--------------|-------------|---|--|--|---|
| | más de mm | hasta mm | | | | |
| 0,05 | – | – | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| 0,08 | – | – | 0,08 | 0,16 | 0,3 | 0,16 |
| 0,1 | – | – | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,2 |
| 0,15 | – | – | 0,15 | 0,3 | 0,6 | 0,3 |
| 0,2 | – | – | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 |
| 0,3 | – | 40 | 0,3 | 0,6 | 1 | 0,8 |
| | 40 | – | 0,3 | 0,8 | 1 | 0,8 |
| 0,5 | – | 40 | 0,5 | 1 | 2 | 1,5 |
| | 40 | – | 0,5 | 1,3 | 2 | 1,5 |
| 0,6 | – | 40 | 0,6 | 1 | 2 | 1,5 |
| | 40 | – | 0,6 | 1,3 | 2 | 1,5 |
| 1 | – | 50 | 1 | 1,5 | 3 | 2,2 |
| | 50 | – | 1 | 1,9 | 3 | 2,2 |
| 1,1 | – | 120 | 1,1 | 2 | 3,5 | 2,7 |
| | 120 | – | 1,1 | 2,5 | 4 | 2,7 |
| 1,5 | – | 120 | 1,5 | 2,3 | 4 | 3,5 |
| | 120 | – | 1,5 | 3 | 5 | 3,5 |
| 2 | – | 80 | 2 | 3 | 4,5 | 4 |
| | 80 | 220 | 2 | 3,5 | 5 | 4 |
| | 220 | – | 2 | 3,8 | 6 | 4 |
| 2,1 | – | 280 | 2,1 | 4 | 6,5 | 4,5 |
| | 280 | – | 2,1 | 4,5 | 7 | 4,5 |
| 2,5 | – | 100 | 2,5 | 3,8 | 6 | 5 |
| | 100 | 280 | 2,5 | 4,5 | 6 | 5 |
| | 280 | – | 2,5 | 5 | 7 | 5 |
| 3 | – | 280 | 3 | 5 | 8 | 5,5 |
| | 280 | – | 3 | 5,5 | 8 | 5,5 |
| 4 | – | – | 4 | 6,5 | 9 | 6,5 |
| 5 | – | – | 5 | 8 | 10 | 8 |
| 6 | – | – | 6 | 10 | 13 | 10 |
| 7,5 | – | – | 7,5 | 12,5 | 17 | 12,5 |
| 9,5 | – | – | 9,5 | 15 | 19 | 15 |
| 12 | – | – | 12 | 18 | 24 | 18 |
| 15 | – | – | 15 | 21 | 30 | 21 |
| 19 | – | – | 19 | 25 | 38 | 25 |

1) La distancia nominal a los cantos r es idéntica a la distancia mínima admisible a los cantos r_{min}.

2) Para rodamientos con un ancho de 2 mm o inferior, son válidos los valores para r₁.

Datos de los rodamientos

Rodamientos de rodillos cónicos

Los valores mínimos y máximos para los rodamientos de rodillos cónicos en medidas métricas se indican en la tabla.

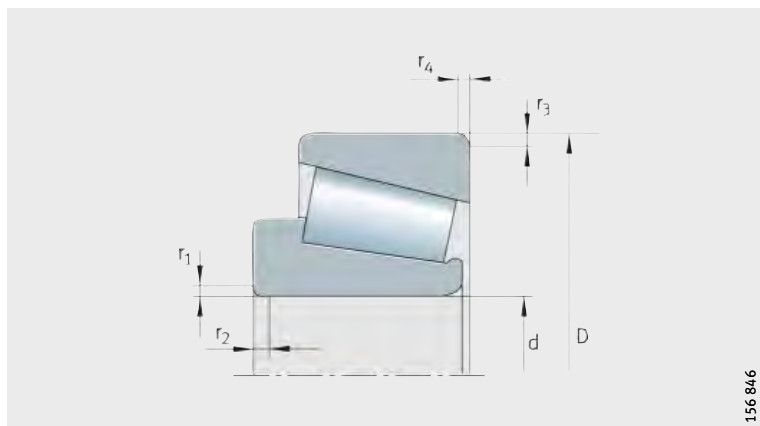


Figura 16
Distancias a los cantos y chaflanes para rodamientos de rodillos cónicos en medidas métricas

Valores límite de las distancias a los cantos y chaflanes

| r ¹⁾ mm | d, D | | r ₁ hasta r ₄ min. mm | r ₁ , r ₃ max. mm | r ₂ , r ₄ max. mm |
|-----------------------|--------------|-------------|---|---|---|
| | más de mm | hasta mm | | | |
| 0,3 | – | 40 | 0,3 | 0,7 | 1,4 |
| | 40 | – | 0,3 | 0,9 | 1,6 |
| 0,6 | – | 40 | 0,6 | 1,1 | 1,7 |
| | 40 | – | 0,6 | 1,3 | 2 |
| 1 | – | 50 | 1 | 1,6 | 2,5 |
| | 50 | – | 1 | 1,9 | 3 |
| 1,5 | – | 120 | 1,5 | 2,3 | 3 |
| | 120 | 250 | 1,5 | 2,8 | 3,5 |
| | 250 | – | 1,5 | 3,5 | 4 |
| 2 | – | 120 | 2 | 2,8 | 4 |
| | 120 | 250 | 2 | 3,5 | 4,5 |
| | 250 | – | 2 | 4 | 5 |
| 2,5 | – | 120 | 2,5 | 3,5 | 5 |
| | 120 | 250 | 2,5 | 4 | 5,5 |
| | 250 | – | 2,5 | 4,5 | 6 |
| 3 | – | 120 | 3 | 4 | 5,5 |
| | 120 | 250 | 3 | 4,5 | 6,5 |
| | 250 | 400 | 3 | 5 | 7 |
| | 400 | – | 3 | 5,5 | 7,5 |
| 4 | – | 120 | 4 | 5 | 7 |
| | 120 | 250 | 4 | 5,5 | 7,5 |
| | 250 | 400 | 4 | 6 | 8 |
| | 400 | – | 4 | 6,5 | 8,5 |
| 5 | – | 180 | 5 | 6,5 | 8 |
| | 180 | – | 5 | 7,5 | 9 |
| 6 | – | 180 | 6 | 7,5 | 10 |
| | 180 | – | 6 | 9 | 11 |

¹⁾ La distancia nominal a los cantos r es idéntica a la distancia mínima admisible a los cantos r_{min}.

Rodamientos axiales

Los valores mínimos y máximos para los rodamientos se indican en la tabla. La tabla corresponde a DIN 620-6.

Para rodamientos axiales de bolas, las tolerancias para las distancias a los cantos y chaflanes en dirección axial y radial son iguales.

- ① Rodamiento axial a bolas de simple efecto, con anillo de alojamiento plano
- ② Rodamiento axial a bolas de doble efecto con anillos de alojamiento esféricos y contraplacas U
- ③ Rodamiento axial de rodillos cilíndricos, de simple efecto
- ④ Rodamiento axial oscilante de rodillos, de simple efecto

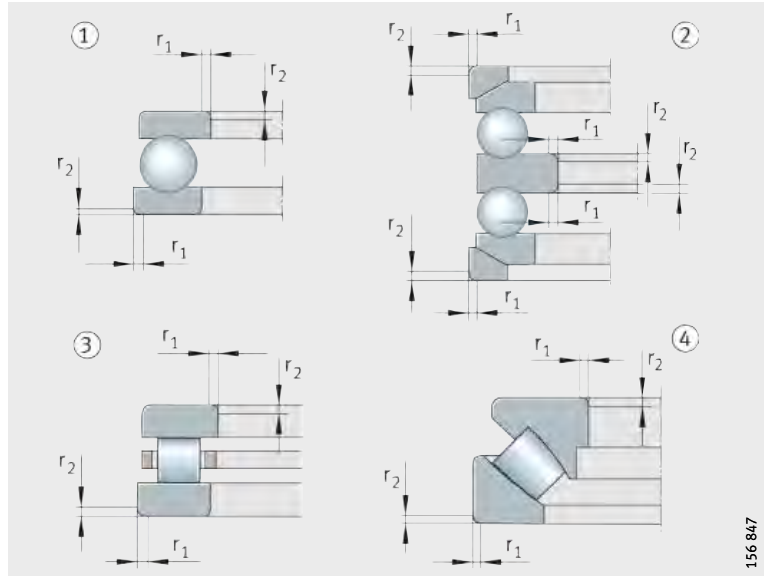


Figura 17
Distancias a los cantos y chaflanes para rodamientos axiales

Valores límite de las distancias a los cantos y chaflanes

| r ¹⁾ mm | r ₁ , r ₂ | |
|-----------------------|---------------------------------|------------|
| | min. mm | max. mm |
| 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| 0,08 | 0,08 | 0,16 |
| 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 0,15 | 0,15 | 0,3 |
| 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| 0,3 | 0,3 | 0,8 |
| 0,6 | 0,6 | 1,5 |
| 1 | 1 | 2,2 |
| 1,1 | 1,1 | 2,7 |
| 1,5 | 1,5 | 3,5 |
| 2 | 2 | 4 |
| 2,1 | 2,1 | 4,5 |
| 3 | 3 | 5,5 |
| 4 | 4 | 6,5 |
| 5 | 5 | 8 |
| 6 | 6 | 10 |
| 7,5 | 7,5 | 12,5 |
| 9,5 | 9,5 | 15 |
| 12 | 12 | 18 |
| 15 | 15 | 21 |
| 19 | 19 | 25 |

¹⁾ La distancia nominal a los cantos r es idéntica a la distancia mínima admisible a los cantos r_{min}.

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Selección de la disposición de rodamientos

Para el guiado y el apoyo de un eje rotativo se requieren, como mínimo, dos rodamientos, dispuestos a una distancia determinada uno del otro. Según la aplicación, se selecciona un apoyo fijo-apoyo libre, una rodadura ajustada o bien una rodadura flotante.

Apoyo fijo-apoyo libre

Para un eje apoyado en dos rodamientos radiales, las distancias de los asientos de los rodamientos en el eje y en el alojamiento muchas veces no coinciden, debido a tolerancias y errores de fabricación. Un calentamiento durante el funcionamiento también modifica estas distancias. Estas diferencias en las distancias se compensan con los apoyos libres. Ejemplos para apoyos fijos-apoyos libres, ver *figura 1*, página 142 hasta *figura 4*, página 143.

Rodamientos libres

Los rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula N y NU, así como los rodamientos de agujas, *figura 1* ②, ④, página 142 son apoyos libres ideales. Permiten que la corona de rodillos o de agujas se desplace en la pista de rodadura del anillo sin bordes.

Todos los demás tipos constructivos, como los rodamientos rígidos a bolas y rodamientos oscilantes de rodillos, solamente actúan como apoyos libres cuando un anillo del rodamiento esté ajustado de forma que se pueda desplazar, *figura 2*, página 142. Por este motivo, el anillo del rodamiento que soporta una carga puntual se ajusta solamente de manera holgada; normalmente se trata del anillo exterior, ver Condiciones de rotación, página 148.

Rodamientos fijos

Los apoyos fijos guían el eje axialmente y transmiten las fuerzas axiales exteriores. Para evitar tensiones axiales, para ejes con más de dos rodamientos solamente se utiliza un apoyo fijo.

La selección del rodamiento como apoyo fijo depende de la fuerza axial y de la precisión requerida para el guiado axial del eje.

Con un rodamiento a bolas de contacto angular de dos hileras, *figura 3* ①, página 142, se consigue un guiado axial más cerrado que con un rodamiento rígido a bolas o con un rodamiento oscilante de rodillos. Una pareja de rodamientos a bolas de contacto angular o de rodamientos de rodillos cónicos, colocados simétricamente opuestos, *figura 4*, página 143, también ofrece, como apoyo fijo, un guiado axial muy estrecho.

Especialmente ventajosos son los rodamientos a bolas de contacto angular en ejecución universal, *figura 5*, página 143. Los rodamientos se pueden aparear arbitrariamente en disposiciones X u O, sin arandelas de ajuste. Los rodamientos a bolas de contacto angular, en ejecución universal, están ajustados de tal manera que, durante el montaje en disposiciones X u O, tengan un reducido juego axial (ejecución UA), no tengan juego (UO) o estén ligeramente precargados (UL).

Los rodamientos para husillos en ejecución universal UL, *figura 6*, página 143 se precargan ligeramente durante el montaje en las disposiciones X u O (ejecuciones con precarga más elevada, bajo consulta).

En el caso de los reductores, en ocasiones se monta un rodamiento con cuatro puntos de contacto directamente junto a un rodamiento de rodillos cilíndricos, de tal forma que se crea un punto de apoyo fijo, *figura 3* ③, página 142. El rodamiento con cuatro puntos de contacto, cuyo anillo exterior no está apoyado radialmente en su alojamiento, sólo puede transmitir fuerzas axiales. El rodamiento de rodillos cilíndricos soporta las fuerzas radiales.

En caso fuerzas axiales reducidas, se puede utilizar un rodamiento de rodillos cilíndricos con jaula NUP, como apoyo fijo, *figura 4* ③, página 143.

No se requieren trabajos de ajuste para los rodamientos de rodillos cónicos ajustados

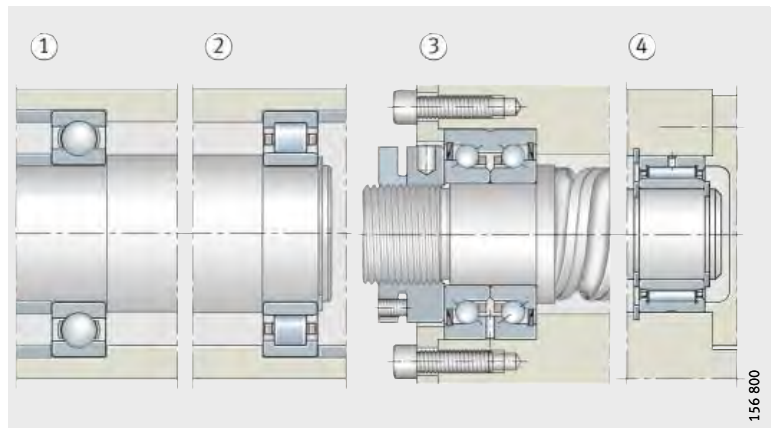
Los rodamientos de rodillos cónicos ajustados (313..-N11CA) como apoyo fijo, *figura 7* ②, página 143, también facilitan el montaje. Con el correspondiente juego axial, están apareados de tal manera que no se requieren trabajos de ajuste.

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ejemplos para apoyos fijos y apoyos libres

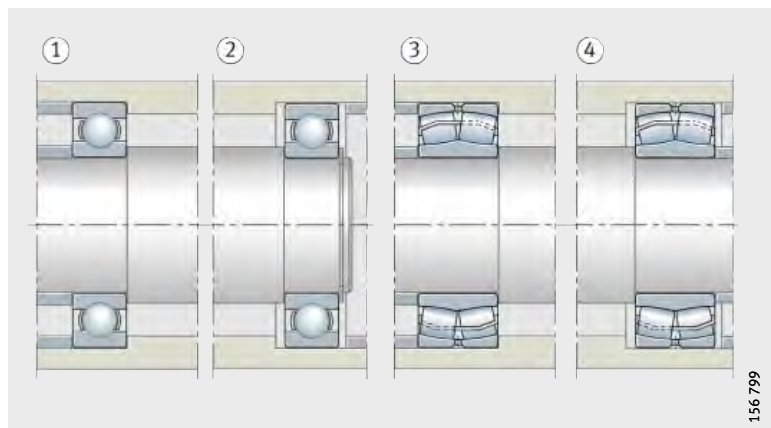
- Rodamiento rígido a bolas
 - ① Rodamiento fijo
- Rodamiento de rodillos cilíndricos NU
 - ② Rodamiento libre
- Rodamiento a bolas de contacto angular ZKLN
 - ③ Rodamiento fijo
- Rodamiento de agujas NKIS
 - ④ Rodamiento libre

Figura 1
Disposiciones de rodamiento fijo-rodamiento libre



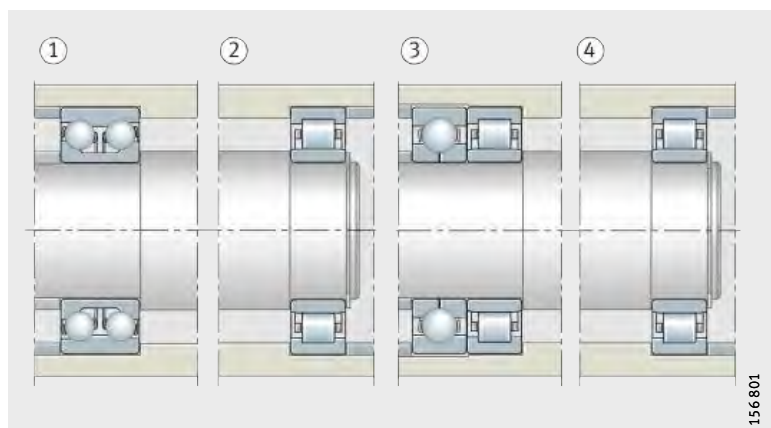
- Rodamientos rígidos a bolas
 - ① Rodamiento fijo
 - ② Rodamiento libre
- Rodamientos oscilantes de rodillos
 - ③ Rodamiento fijo
 - ④ Rodamiento libre

Figura 2
Disposiciones de rodamiento fijo-rodamiento libre



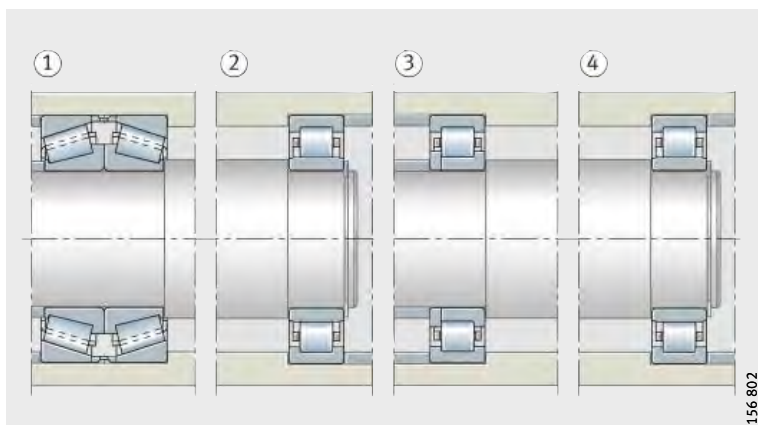
- Rodamiento a bolas de contacto angular, de dos hileras
 - ① Rodamiento fijo
- Rodamiento de rodillos cilíndricos NU
 - ② Rodamiento libre
- Rodamiento con cuatro puntos de contacto y rodamiento de rodillos cilíndricos
 - ③ Rodamiento fijo
- Rodamiento de rodillos cilíndricos NU
 - ④ Rodamiento libre

Figura 3
Disposiciones de rodamiento fijo-rodamiento libre



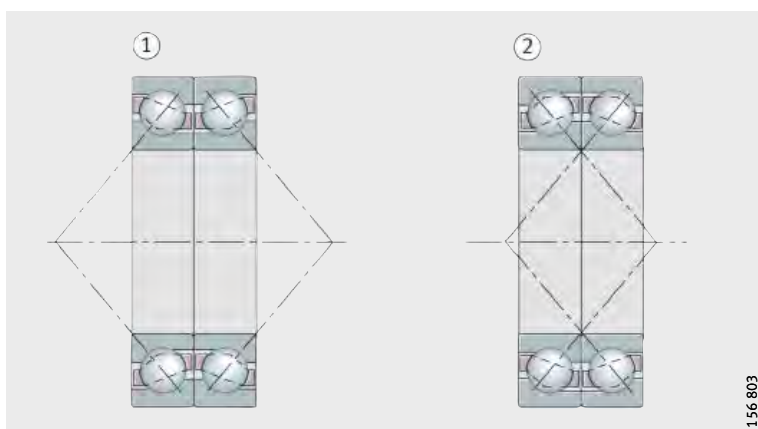
- Dos rodamientos de rodillos cónicos
- ① Rodamiento fijo
- Rodamiento de rodillos cilíndricos NU
- ② Rodamiento libre
- Rodamiento de rodillos cilíndricos NUP
- ③ Rodamiento fijo
- Rodamiento de rodillos cilíndricos NU
- ④ Rodamiento libre

Figura 4
Disposiciones de rodamiento fijo-rodamiento libre



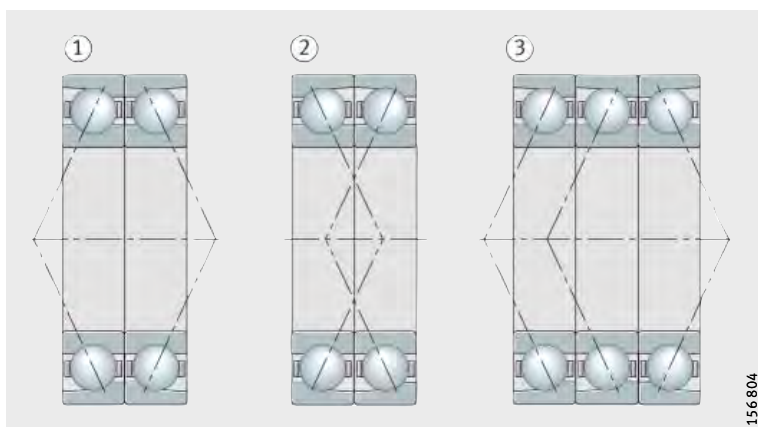
- Pareja de rodamientos a bolas de contacto angular de ejecución universal
- ① Disposición en O
- ② Disposición en X

Figura 5
Disposiciones de rodamientos fijos



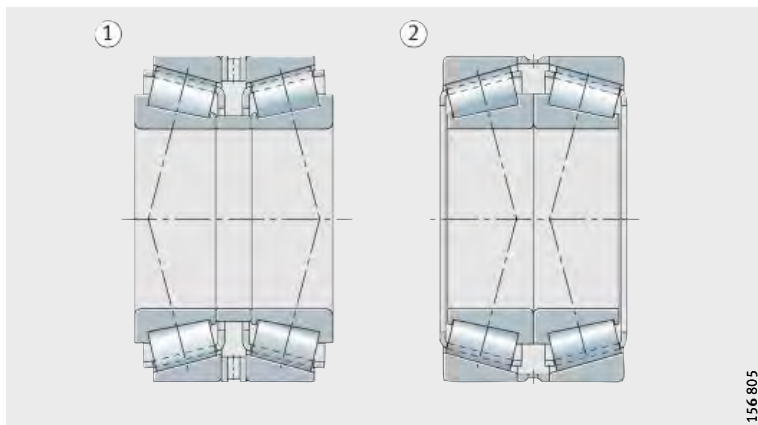
- Rodamientos para husillos de ejecución universal
- ① Disposición en O
- ② Disposición en X
- ③ Disposiciones tándem y O

Figura 6
Disposiciones de rodamientos fijos



- Pareja de rodamientos de rodillos cónicos
- ① Disposición en O
- ② Disposición en X

Figura 7
Disposiciones de rodamientos fijos



Mecanizado y ejecución de los apoyos

Rodadura ajustada

Estas rodaduras consisten, por lo general, en dos rodamientos a bolas de contacto angular o dos rodamientos de rodillos cónicos, montados uno contra el otro, en oposición, *figura 8*. Durante el montaje, un anillo se desplaza sobre su asiento hasta que la rodadura tenga el juego deseado o la precarga necesaria.

Ámbito de aplicación

Debido a esta posibilidad de ajuste, la rodadura ajustada es especialmente adecuada cuando se requiere un guiado estrecho, p.ej. para rodaduras de ruedas dentadas cónicas con dentado helicoidal y rodaduras de husillos principales de máquinas-herramienta.

Disposiciones X y O

Generalmente, se distingue entre la disposición en O, *figura 8* ①, y la disposición en X, *figura 8* ②, de los rodamientos. En el caso de la disposición en O, los vértices S de los conos formados por las líneas de contacto miran hacia fuera y, para la disposición en X, miran hacia dentro. La base de apoyo H, es decir, la distancia entre los vértices de los conos de contacto, es mayor para la disposición en O que para la disposición en X. Por esta razón, la disposición en O proporciona el juego de vuelco menor.

Rodamientos a bolas de contacto angular
 ① Disposición en O
 ② Disposición en X
 S = puntas de los conos de contacto
 H = distancia de apoyo

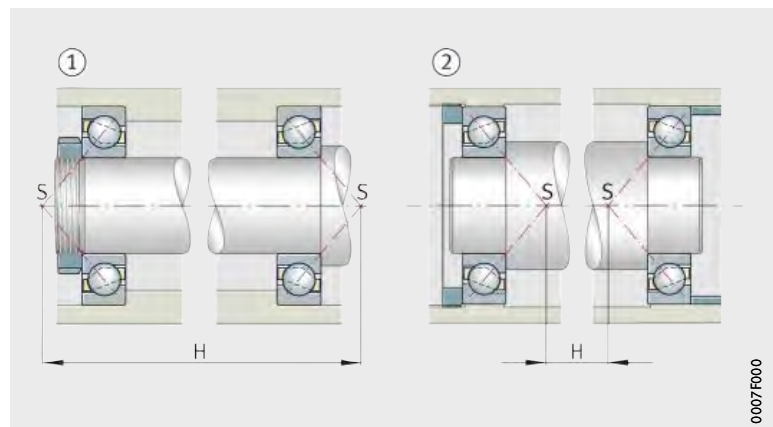


Figura 8
Rodadura ajustada

Influencia de la dilatación térmica para las disposiciones en X o en O

Para el ajuste del juego axial, hay que tener en cuenta la dilatación térmica. En el caso de la disposición en X, *figura 9*, una diferencia de temperatura entre el eje y el alojamiento siempre conlleva una reducción de juego (requisitos: idénticos materiales para el eje y el alojamiento, idéntica temperatura de los anillos interiores y del eje, misma temperatura de los anillos exteriores y del alojamiento).

Rodamientos de rodillos cónicos
 Disposición en X
 S = puntas de los conos de contacto
 R = vértices de los conos de rodadura

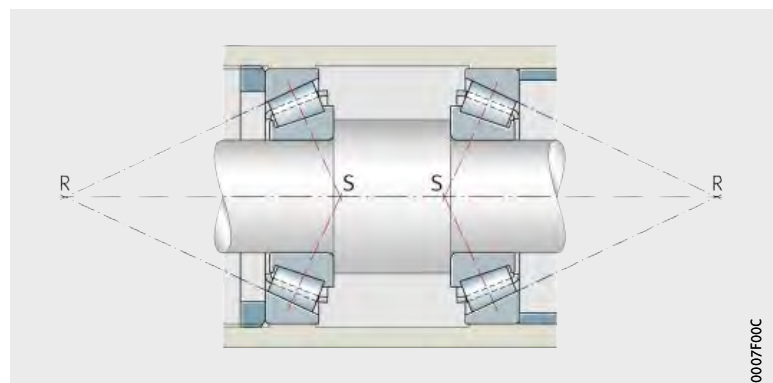


Figura 9
Rodadura ajustada

Para la disposición en O se distinguen tres casos:

- Los vértices R de las superficies cónicas, es decir, los puntos de intersección de la prolongación de la pista de rodadura del anillo exterior con el eje del rodamiento, coinciden: el juego ajustado se mantiene, *figura 10* ①.
- Los vértices de las superficies cónicas se cruzan, con una distancia corta entre rodamientos: el juego axial se reduce, *figura 10* ②.
- Los vértices de las superficies cónicas no se cruzan, con una gran distancia entre rodamientos: el juego axial se incrementa, *figura 11*.

- Rodamientos de rodillos cónicos en disposición en O
- ① Los puntos de intersección coinciden
 - ② Los puntos de intersección se solapan
- S = puntas de los conos de contacto
R = vértices de los conos de rodadura

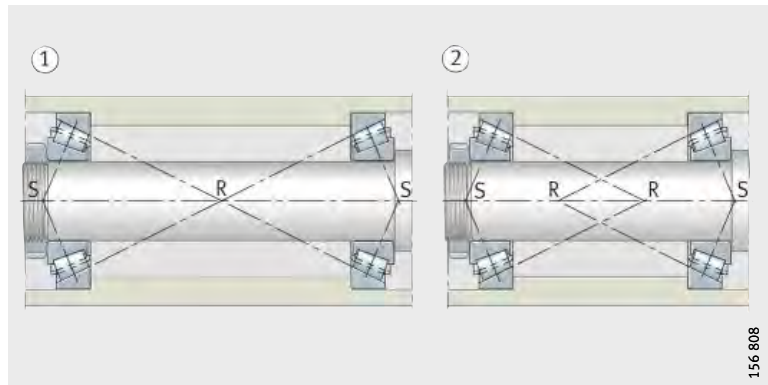


Figura 10
Rodadura ajustada

- Rodamientos de rodillos cónicos en disposición en O, donde los vértices de los conos de rodadura no se solapan
- S = puntas de los conos de contacto
R = vértices de los conos de rodadura

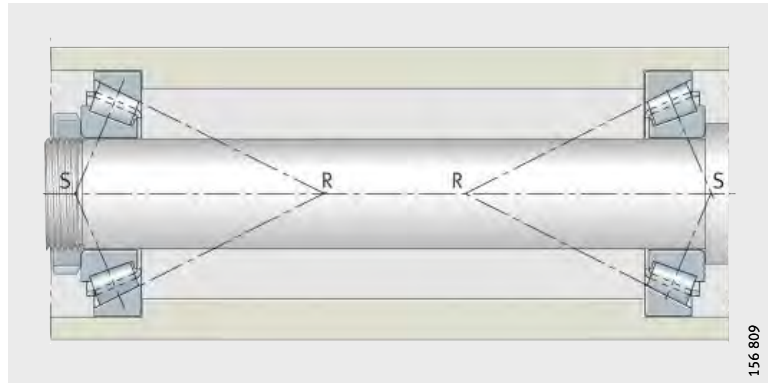


Figura 11
Rodadura ajustada

Apoyo elástico

Las rodaduras ajustadas se obtienen también mediante la precarga con muelles, *figura 12* ①. Este tipo de apoyo elástico compensa las dilataciones térmicas. También se aplican cuando las rodaduras estén expuestas a sacudidas en reposo.

- Rodamientos rígidos a bolas ajustados y precargados mediante muelle de disco
- ① Muelle de disco

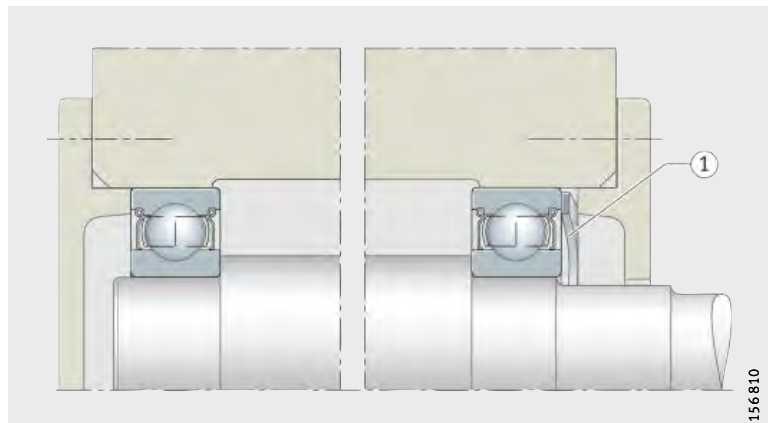


Figura 12
Rodadura ajustada

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Rodadura flotante

La rodadura flotante es una solución económica cuando no se requiere un guiado axial y estrecho del eje, *figura 13*. Esta construcción se parece a la de la rodadura ajustada.

Sin embargo, en el caso de la rodadura flotante, el eje puede desplazarse el juego axial s respecto al alojamiento. El valor s se fija en función de la precisión de guiado requerida, de tal manera que los rodamientos no estén fijados axialmente aun bajo condiciones térmicas desfavorables.

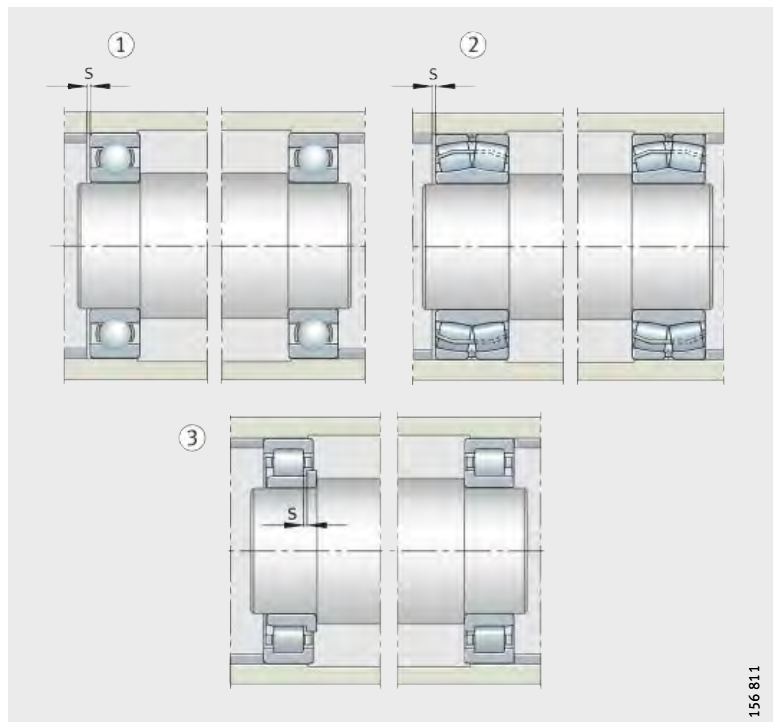
Rodamiento apropiado

Los tipos adecuados para la disposición flotante son, p.ej. los rodamientos rígidos a bolas, los rodamientos oscilantes de bolas y los rodamientos oscilantes de rodillos.

En ambos rodamientos, un anillo, normalmente el anillo exterior, se debe ajustar de forma desplazable.

En el caso de las rodaduras flotantes y de rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula de la serie NJ, el desplazamiento axial se realiza en el interior de los rodamientos. Los anillos interiores y exteriores se pueden ajustar con interferencia, *figura 13* ③.

Los rodamientos de rodillos cónicos y los rodamientos a bolas de contacto angular no son aptos para una disposición flotante, ya que deben apoyarse para un funcionamiento correcto.



- ① Dos rodamientos rígidos a bolas
- ② Dos rodamientos oscilantes de rodillos
- ③ Dos rodamientos de rodillos cilíndricos NJ
 s = juego axial

Figura 13
Rodaduras flotantes

156 811

Ajustes

Los rodamientos se fijan en el eje y en el alojamiento, en sentidos radial, axial y tangencial, de acuerdo con su función. La fijación radial y tangencial se realiza mediante apriete, es decir, con ajustes fijos de los anillos del rodamiento. En general, los rodamientos se fijan, en sentido axial, con ajuste con interferencia.

Criterios para la selección de los ajustes

Para la selección de los ajustes se debe tener en cuenta:

- Los anillos se deben apoyar bien en toda su periferia, para que la capacidad de carga esté completamente aprovechada.
- Los anillos no deben perder ajuste con las piezas anexas ya que, de lo contrario, se deterioran los asientos.
- Un anillo del apoyo libre debe adaptarse a las variaciones de longitud del eje y del alojamiento, es decir, debe ser axialmente ajustable.
- Los rodamientos deben poderse montar y desmontar fácilmente.

Un buen apoyo de los anillos en toda su periferia requiere un ajuste con interferencia. Para que éstos no pierdan ajuste se requiere un asiento fijo. Si los rodamientos no son despiezables, sólo uno de los anillos puede ser ajustado con interferencia.

En caso de rodamientos de rodillos cilíndricos N y NU y para rodamientos de agujas, ambos anillos se pueden ajustar firmemente, ya que la compensación de longitud se realiza en el interior del rodamiento y porque ambos anillos se pueden montar por separado.



¡Debido a los ajustes fijos y a una diferencia de temperatura entre los anillos interior y exterior, el juego radial se reduce!

¡Este efecto se debe tener en cuenta en la selección del juego radial!

¡Si para la construcción anexa se utiliza un material diferente de la fundición de hierro o del acero, para el asiento fijo debe tenerse en cuenta, además del módulo de elasticidad, el diferente coeficiente de dilatación térmica del material!

¡Para alojamientos de aluminio, alojamientos de pared delgada y ejes huecos, hay que seleccionar, en caso necesario, unos ajustes más estrechos, para alcanzar el mismo apriete que para la fundición de hierro, el acero o los ejes macizos!

¡Cargas más elevadas, especialmente de impactos, requieren una interferencia de ajuste mayor y el cumplimiento de tolerancias dimensionales más estrechas!

Asiento para rodamientos axiales

Los rodamientos axiales, que soportan únicamente cargas axiales, no deben estar guiados radialmente (excepto los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, con un grado de libertad en sentido radial a causa de sus pistas de rodadura planas).

Con pistas de rodadura en forma de canal, esto no se presenta y el asiento libre debe crearse a través del disco estacionario. Normamente, se elige un asiento fijo para el disco giratorio.

Si, además de las fuerzas axiales, los rodamientos axiales soportan fuerzas radiales, p.ej. en los rodamientos axiales oscilantes de rodillos, los ajustes se seleccionan como para rodamientos radiales.

Las superficies de apoyo de las piezas anexas deben disponerse perpendicularmente al eje de giro (tolerancia de salto radial según IT5 o superior), para que la carga se distribuya uniformemente entre todos los elementos rodantes.

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Condiciones de rotación

Las condiciones de rotación designan el movimiento de cada uno de los anillos del rodamiento con respecto a la dirección de la carga, que actúa como carga giratoria o como carga puntual, ver tabla.

Carga puntual

Si el anillo está en reposo respecto a la dirección de la carga, no aparecen cargas que puedan desplazar el anillo respecto a su superficie de asiento. Este tipo de carga se denomina carga puntual. No existe el peligro de dañar la superficie de asiento y se puede seleccionar un ajuste deslizante o libre.

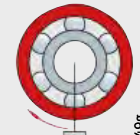
Carga giratoria

Si aparecen cargas que intentan desplazar el anillo respecto a su superficie de asiento, cada punto de la pista de rodadura se carga durante un giro del rodamiento. Una carga con esta característica se denomina carga giratoria.



¡En este caso, la superficie de asiento del rodamiento puede ser dañada, por lo que debe seleccionarse un ajuste con interferencia!

Condiciones de rotación

| Condiciones de rotación | Ejemplo | Esquema | Caso de carga | Ajuste |
|---|--|--|--|---|
| Anillo interior giratorio Anillo exterior en reposo Dirección constante de la carga | Eje cargado con un peso |  153 049e | Carga giratoria para el anillo interior | Anillo interior: ajuste fijo necesario Anillo exterior: ajuste libre admisible |
| Anillo interior en reposo Anillo exterior giratorio Dirección de la carga, giratoria con el anillo exterior | Rodadura de un cubo con gran desequilibrio |  153 049f | y Carga puntual para el anillo exterior | |
| Anillo interior en reposo Anillo exterior giratorio Dirección constante de la carga | Ruedas delanteras de vehículos (rodadura de cubo de rueda) |  153 049g | Carga puntual para el anillo interior | Anillo interior: ajuste libre admisible Anillo exterior: ajuste fijo necesario |
| Anillo interior giratorio Anillo exterior en reposo Dirección de la carga, giratoria con el anillo interior | Criba vibratoria. Centrífuga |  153 049h | y Carga giratoria para el anillo exterior | |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Tolerancias de los ejes para rodamientos radiales con agujero cilíndrico

| Condiciones de rotación | Tipo de rodamiento | Diámetro del eje mm | Desplazamiento Carga | Campos de tolerancia |
|--|--|-------------------------|--|-----------------------|
| Carga puntual para el anillo interior | Rodamientos a bolas, rodamientos de rodillos | todos los tamaños | Anillo interior fácilmente desplazable | g6 (g5) |
| | | | Anillo interior difícilmente desplazable. Rodamientos a bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos con anillo interior ajustado | h6 (j6) |
| | Rodamientos de agujas | todos los tamaños | Rodamientos libres | h6 (g6) ¹⁾ |
| Carga giratoria para el anillo interior o dirección de carga indeterminada | Rodamientos a bolas | hasta 50 | Carga normal ²⁾ | j6 (j5) |
| | | 50 hasta 100 | Carga reducida ³⁾ | j6 (j5) |
| | | | Carga normal y elevada ⁴⁾ | k6 (k5) |
| | | 100 hasta 200 | Carga reducida ²⁾ | k6 (m6) |
| | | | Carga normal y elevada ⁵⁾ | m6 (m5) |
| | | más de 200 | Carga reducida | m6 (m5) |
| | | | Carga normal y elevada | n6 (n5) |
| | | Rodamientos de rodillos | hasta 60 | Carga reducida |
| | Carga normal y elevada | | | k6 (k5) |
| | 60 hasta 200 | | Carga reducida | k6 (k5) |
| | | | Carga normal | m6 (m5) |
| | | | Carga elevada | n6 (n5) |
| | 200 hasta 500 | | Carga normal | m6 (n6) |
| | | | Carga elevada, impactos | p6 |
| | más de 500 | | Carga normal | n6 (p6) |
| | | Carga elevada | p6 | |
| | Rodamientos de agujas | hasta 50 | Carga reducida | k6 |
| | | | Carga normal y elevada | m6 |
| | | 50 hasta 120 | Carga reducida | m6 |
| | | | Carga normal y elevada | n6 |
| | | 120 hasta 250 | Carga reducida | n6 |
| Carga normal y elevada | | | p6 | |
| 250 hasta 400 | | Carga reducida | p6 | |
| | | Carga normal y elevada | r6 | |
| 400 hasta 500 | | Carga reducida | r6 | |
| | | Carga normal y elevada | s6 | |
| más de 500 | | Carga reducida | r6 | |
| | | Carga normal y elevada | s6 | |

1) Para un montaje más fácil.

2) $C/P > 10$

3) $C/P > 12$

4) $C/P < 12$

5) $C/P < 10$

**Tolerancias de los ejes
para rodamientos axiales**

| Carga | Tipo de rodamiento | Diámetro del eje | Condiciones de funcionamiento | Campos de tolerancia |
|-----------------|---|-------------------|---------------------------------|----------------------|
| Carga axial | Rodamientos axiales a bolas | todos los tamaños | – | j6 |
| | Rodamientos axiales a bolas, de doble efecto | | – | k6 |
| | Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos con disco-eje | | – | h6 (j6) |
| | Coronas axiales de rodillos cilíndricos | | – | h8 |
| Carga combinada | Rodamientos axiales oscilantes de rodillos | todos los tamaños | Carga puntual en el disco-eje | j6 |
| | | hasta 200 mm | Carga giratoria en el disco-eje | j6 (k6) |
| | | más de 200 mm | | k6 (m6) |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Tolerancias de los alojamientos para rodamientos radiales

| Condiciones de rotación | Desplazamiento. Carga | Condiciones de funcionamiento | Campos de tolerancia |
|--|---|---|-----------------------|
| Carga puntual en el anillo exterior | Anillo exterior fácilmente desplazable, alojamiento no partido | La calidad de la tolerancia depende de la precisión de rotación requerida | H7 (H6) ¹⁾ |
| | Anillo exterior fácilmente desplazable, alojamiento partido | | H8 (H7) |
| | Anillo exterior difícilmente desplazable, alojamiento no partido | Alta precisión de rotación requerida | H6 (J6) |
| | Anillo exterior difícilmente desplazable, rodamientos a bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos con anillo exterior ajustado, alojamiento partido | Precisión de rotación normal | H7 (J7) |
| | Anillo exterior fácilmente desplazable | Aportación de calor a través del eje | G7 ²⁾ |
| Carga giratoria en el anillo exterior o dirección de carga indeterminada | Carga reducida, anillo exterior no desplazable | Para elevados requisitos para la precisión de rotación K6, M6, N6 y P6 | K7 (K6) |
| | Carga normal, impactos, anillo exterior no desplazable | | M7 (M6) |
| | Carga elevada, impactos (C/P < 6), anillo exterior no desplazable | | N7 (N6) |
| | Carga elevada, fuertes impactos, alojamiento de pared delgada, anillo exterior no desplazable | | P7 (P6) |

1) G7 para alojamientos de GG, cuando el diámetro exterior del rodamiento $D > 250$ mm y la diferencia de temperatura entre el anillo exterior y el alojamiento > 10 K.

2) F7 para alojamientos de GG, cuando el diámetro exterior del rodamiento $D > 250$ mm y la diferencia de temperatura entre el anillo exterior y el alojamiento > 10 K.

Tolerancias de los alojamientos para rodamientos axiales

| Carga | Tipo de rodamiento | Condiciones de funcionamiento | Campos de tolerancia |
|--|---|--|----------------------|
| Carga axial | Rodamientos axiales a bolas | Precisión de rotación normal a elevada | E8 H6 |
| | Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos con disco-alojamiento | – | H7 (K7) |
| | Coronas axiales de rodillos cilíndricos | – | H10 |
| | Rodamientos axiales oscilantes de rodillos | Carga normal y carga elevada | E8 G7 |
| Carga combinada Carga puntual para el disco-alojamiento | Rodamientos axiales oscilantes de rodillos | – | H7 |
| Carga combinada Carga giratoria para el disco-alojamiento | Rodamientos axiales oscilantes de rodillos | – | K7 |

Tablas de ajustes para los ejes y los alojamientos

Los valores de los ajustes (página 154 hasta página 167) son válidos para ejes macizos de acero y para alojamientos de fundición. En la cabecera de las tablas se indican, bajo las medidas nominales del diámetro, las tolerancias normales para el diámetro del agujero o el diámetro exterior de los rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos). Entre ellas están los límites de los campos de tolerancia más importantes para el montaje de los rodamientos.

Ajustes en el eje En cada casilla hay cinco números según el siguiente esquema, por ejemplo, para el eje $\varnothing 40j5$:

Ejemplo
Valor tabla Ajustes en el eje

| Límites del eje en μm | Interferencia o juego de ajuste en μm |
|----------------------------------|--|
| Lado "pasa" +6 | 18 ²⁾ Interferencia o juego de ajuste, cuando los lados "pasa" coinciden |
| | 10 ¹⁾²⁾ Interferencia probable o juego de ajuste |
| Lado "no pasa" -5 | 5 ³⁾ Interferencia o juego de ajuste, cuando los lados "no pasa" coinciden |

¹⁾ Como interferencia probable o juego de ajuste se indica el valor que resulta, si las medidas reales se encuentran a un tercio de la tolerancia desde el lado "pasa".

²⁾ Los valores impresos en negrita indican interferencia de ajuste.

³⁾ Los valores impresos de modo normal indican juego de ajuste.

Ajustes en el eje, ver tablas a partir de página 154.

Ajustes en el alojamiento En cada casilla hay cinco números según el siguiente esquema para, por ejemplo, el alojamiento $\varnothing 100K6$:

Ejemplo
Valor tabla Ajustes en el alojamiento

| Límites del alojamiento en μm | Interferencia o juego de ajuste en μm |
|--|--|
| Lado "no pasa" +4 | 18 ²⁾ Interferencia o juego de ajuste, cuando los lados "pasa" coinciden |
| | 6 ¹⁾²⁾ Interferencia probable o juego de ajuste |
| Lado "pasa" -18 | 19 ³⁾ Interferencia o juego de ajuste, cuando los lados "no pasa" coinciden |

¹⁾ Como interferencia probable o juego de ajuste se indica el valor que resulta, si las medidas reales se encuentran a un tercio de la tolerancia desde el lado "pasa".

²⁾ Los valores impresos en negrita indican interferencia de ajuste.

³⁾ Los valores impresos de modo normal indican juego de ajuste.

Ajustes del alojamiento, ver página 163 hasta página 167.

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el eje

| Medida nominal del eje en mm | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| más de | 3 | | 6 | | 10 | | 18 | | 30 | |
| hasta | 6 | | 10 | | 18 | | 30 | | 50 | |
| Desviación del diámetro del agujero del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | | | |
| Δ_{dmp} | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | -8 | | -8 | | -8 | | -10 | | -12 | |
| Límites del eje, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | | | |
| g5 | -4 | 4 | -5 | 3 | -6 | 2 | -7 | 3 | -9 | 3 |
| | -9 | 0 | -11 | 2 | -14 | 3 | -16 | 3 | -20 | 5 |
| | | 9 | | 11 | | 14 | | 16 | | 20 |
| g6 | -4 | 4 | -5 | 3 | -6 | 2 | -7 | 3 | -9 | 3 |
| | -12 | 1 | -14 | 3 | -17 | 4 | -20 | 5 | -25 | 6 |
| | | 12 | | 14 | | 17 | | 20 | | 25 |
| h5 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 10 | 0 | 12 |
| | -5 | 4 | -6 | 3 | -8 | 3 | -9 | 4 | -11 | 4 |
| | | 5 | | 6 | | 8 | | 9 | | 11 |
| h6 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 10 | 0 | 12 |
| | -8 | 3 | -9 | 2 | -11 | 2 | -13 | 2 | -16 | 3 |
| | | 8 | | 9 | | 11 | | 13 | | 16 |
| j5 | +3 | 11 | +4 | 12 | +5 | 13 | +5 | 15 | +6 | 18 |
| | -2 | 7 | -2 | 7 | -3 | 8 | -4 | 9 | -5 | 10 |
| | | 2 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 |
| j6 | +6 | 14 | +7 | 15 | +8 | 16 | +9 | 19 | +11 | 23 |
| | -2 | 8 | -2 | 9 | -3 | 10 | -4 | 11 | -5 | 14 |
| | | 2 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 |
| js5 | +2,5 | 11 | +3 | 11 | +4 | 12 | +4,5 | 15 | +5,5 | 18 |
| | -2,5 | 6 | -3 | 6 | -4 | 6 | -4,5 | 9 | -5,5 | 10 |
| | | 3 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 |
| js6 | +4 | 12 | +4,5 | 13 | +5,5 | 14 | +6,5 | 17 | +8 | 20 |
| | -4 | 7 | -4,5 | 7 | -5,5 | 8 | -6,5 | 9 | -8 | 11 |
| | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 |
| k5 | +6 | 14 | +7 | 15 | +9 | 17 | +11 | 21 | +13 | 25 |
| | +1 | 9 | +1 | 10 | +1 | 12 | +2 | 15 | +2 | 17 |
| | | 1 | | 1 | | 1 | | 2 | | 2 |
| k6 | +9 | 17 | +10 | 18 | +12 | 20 | +15 | 25 | +18 | 30 |
| | +1 | 11 | +1 | 12 | +1 | 14 | +2 | 17 | +2 | 21 |
| | | 1 | | 1 | | 1 | | 2 | | 2 |
| m5 | +9 | 17 | +12 | 20 | +15 | 23 | +17 | 27 | +20 | 32 |
| | +4 | 13 | +6 | 15 | +7 | 18 | +8 | 21 | +9 | 24 |
| | | 4 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 |
| m6 | +12 | 20 | +15 | 23 | +18 | 26 | +21 | 31 | +25 | 37 |
| | +4 | 15 | +6 | 17 | +7 | 20 | +8 | 23 | +9 | 27 |
| | | 4 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 |

| 50 | | 65 | | 80 | | 100 | | 120 | | 140 | | 160 | | 180 | | 200 | | 225 | | 250 | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 65 | | 80 | | 100 | | 120 | | 140 | | 160 | | 180 | | 200 | | 225 | | 250 | | 250 | |
| 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| -15 | | -15 | | -20 | | -20 | | -25 | | -25 | | -25 | | -30 | | -30 | | -30 | | -30 | |
| -10 | 5 | -10 | 5 | -12 | 8 | -12 | 8 | -14 | 11 | -14 | 11 | -14 | 11 | -15 | 15 | -15 | 15 | -15 | 15 | -15 | 15 |
| -23 | 4 | -23 | 4 | -27 | 4 | -27 | 4 | -32 | 3 | -32 | 3 | -32 | 3 | -35 | 2 | -35 | 2 | -35 | 2 | -35 | 2 |
| | 23 | | 23 | | 27 | | 27 | | 32 | | 32 | | 32 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 |
| -10 | 5 | -10 | 5 | -12 | 8 | -12 | 8 | -14 | 11 | -14 | 11 | -14 | 11 | -15 | 15 | -15 | 15 | -15 | 15 | -15 | 15 |
| -29 | 6 | -29 | 6 | -34 | 6 | -34 | 6 | -39 | 6 | -39 | 6 | -39 | 6 | -44 | 5 | -44 | 5 | -44 | 5 | -44 | 5 |
| | 29 | | 29 | | 34 | | 34 | | 39 | | 39 | | 39 | | 44 | | 44 | | 44 | | 44 |
| 0 | 15 | 0 | 15 | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 | 30 |
| -13 | 6 | -13 | 6 | -15 | 8 | -15 | 8 | -18 | 11 | -18 | 11 | -18 | 11 | -20 | 13 | -20 | 13 | -20 | 13 | -20 | 13 |
| | 13 | | 13 | | 15 | | 15 | | 18 | | 18 | | 18 | | 20 | | 20 | | 20 | | 20 |
| 0 | 15 | 0 | 15 | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 | 30 |
| -19 | 4 | -19 | 4 | -22 | 6 | -22 | 6 | -25 | 8 | -25 | 8 | -25 | 8 | -29 | 10 | -29 | 10 | -29 | 10 | -29 | 10 |
| | 19 | | 19 | | 22 | | 22 | | 25 | | 25 | | 25 | | 29 | | 29 | | 29 | | 29 |
| +6 | 21 | +6 | 21 | +6 | 26 | +6 | 26 | +7 | 32 | +7 | 32 | +7 | 32 | +7 | 37 | +7 | 37 | +7 | 37 | +7 | 37 |
| -7 | 12 | -7 | 12 | -9 | 14 | -9 | 14 | -11 | 18 | -11 | 18 | -11 | 18 | -13 | 20 | -13 | 20 | -13 | 20 | -13 | 20 |
| | 7 | | 7 | | 9 | | 9 | | 11 | | 11 | | 11 | | 13 | | 13 | | 13 | | 13 |
| +12 | 27 | +12 | 27 | +13 | 33 | +13 | 33 | +14 | 39 | +14 | 39 | +14 | 39 | +16 | 46 | +16 | 46 | +16 | 46 | +16 | 46 |
| -7 | 16 | -7 | 16 | -9 | 19 | -9 | 19 | -11 | 22 | -11 | 22 | -11 | 22 | -13 | 26 | -13 | 26 | -13 | 26 | -13 | 26 |
| | 7 | | 7 | | 9 | | 9 | | 11 | | 11 | | 11 | | 13 | | 13 | | 13 | | 13 |
| +6,5 | 22 | +6,5 | 22 | +7,5 | 28 | +7,5 | 28 | +9 | 34 | +9 | 34 | +9 | 34 | +10 | 40 | +10 | 40 | +10 | 40 | +10 | 40 |
| -6,5 | 13 | -6,5 | 13 | -7,5 | 16 | -7,5 | 16 | -9 | 20 | -9 | 20 | -9 | 20 | -10 | 23 | -10 | 23 | -10 | 23 | -10 | 23 |
| | 7 | | 7 | | 8 | | 8 | | 9 | | 9 | | 9 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 |
| +9,5 | 25 | +9,5 | 25 | +11 | 31 | +11 | 31 | +12,5 | 38 | +12,5 | 38 | +12,5 | 38 | +14,5 | 45 | +14,5 | 45 | +14,5 | 45 | +14,5 | 45 |
| -9,5 | 13 | -9,5 | 13 | -11 | 17 | -11 | 17 | -12,5 | 21 | -12,5 | 21 | -12,5 | 21 | -14,5 | 25 | -14,5 | 25 | -14,5 | 25 | -14,5 | 25 |
| | 10 | | 10 | | 11 | | 11 | | 13 | | 13 | | 13 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 |
| +15 | 30 | +15 | 30 | +18 | 38 | +18 | 38 | +21 | 46 | +21 | 46 | +21 | 46 | +24 | 54 | +24 | 54 | +24 | 54 | +24 | 54 |
| +2 | 21 | +2 | 21 | +3 | 26 | +3 | 26 | +3 | 32 | +3 | 32 | +3 | 32 | +4 | 37 | +4 | 37 | +4 | 37 | +4 | 37 |
| | 2 | | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 |
| +21 | 36 | +21 | 36 | +25 | 45 | +25 | 45 | +28 | 53 | +28 | 53 | +28 | 53 | +33 | 63 | +33 | 63 | +33 | 63 | +33 | 63 |
| +2 | 25 | +2 | 25 | +3 | 31 | +3 | 31 | +3 | 36 | +3 | 36 | +3 | 36 | +4 | 43 | +4 | 43 | +4 | 43 | +4 | 43 |
| | 2 | | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 |
| +24 | 39 | +24 | 39 | +28 | 48 | +28 | 48 | +33 | 58 | +33 | 58 | +33 | 58 | +37 | 67 | +37 | 67 | +37 | 67 | +37 | 67 |
| +11 | 30 | +11 | 30 | +13 | 36 | +13 | 36 | +15 | 44 | +15 | 44 | +15 | 44 | +17 | 50 | +17 | 50 | +17 | 50 | +17 | 50 |
| | 11 | | 11 | | 13 | | 13 | | 15 | | 15 | | 15 | | 17 | | 17 | | 17 | | 17 |
| +30 | 45 | +30 | 45 | +35 | 55 | +35 | 55 | +40 | 65 | +40 | 65 | +40 | 65 | +46 | 76 | +46 | 76 | +46 | 76 | +46 | 76 |
| +11 | 34 | +11 | 34 | +13 | 42 | +13 | 42 | +15 | 48 | +15 | 48 | +15 | 48 | +17 | 56 | +17 | 56 | +17 | 56 | +17 | 56 |
| | 11 | | 11 | | 13 | | 13 | | 15 | | 15 | | 15 | | 17 | | 17 | | 17 | | 17 |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el eje Continuación

| Medida nominal del eje en mm | | | | | | | | |
|---|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| más de | 250 | | 280 | | 315 | | 355 | |
| hasta | 280 | | 315 | | 355 | | 400 | |
| Desviación del diámetro del agujero del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | |
| Δ_{dmp} | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | -35 | | -35 | | -40 | | -40 | |
| Límites del eje, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | |
| g5 | -17 -40 | 18 1 40 | -17 -40 | 18 1 40 | -18 -43 | 22 0 43 | -18 -43 | 22 0 43 |
| g6 | -17 -49 | 18 4 49 | -17 -49 | 18 4 49 | -18 -54 | 22 3 54 | -18 -54 | 22 3 54 |
| h5 | 0 -23 | 35 16 23 | 0 -23 | 35 16 23 | 0 -25 | 40 18 25 | 0 -25 | 40 18 25 |
| h6 | 0 -32 | 35 13 32 | 0 -32 | 35 13 32 | 0 -36 | 40 15 36 | 0 -36 | 40 15 36 |
| j5 | +7 -16 | 42 23 16 | +7 -16 | 42 23 16 | +7 -18 | 47 25 18 | +7 -18 | 47 25 18 |
| j6 | +16 -16 | 51 29 16 | +16 -16 | 51 29 16 | +18 -18 | 58 33 18 | +18 -18 | 58 33 18 |
| js5 | +11,5 -11,5 | 47 27 12 | +11,5 -11,5 | 47 27 12 | +12,5 -12,5 | 53 32 13 | +12,5 -12,5 | 53 32 13 |
| js6 | +16 -16 | 51 29 16 | +16 -16 | 51 29 16 | +18 -18 | 58 33 18 | +18 -18 | 58 33 18 |
| k5 | +27 +4 | 62 43 4 | +27 +4 | 62 43 4 | +29 +4 | 69 47 4 | +29 +4 | 69 47 4 |
| k6 | +36 +4 | 71 49 4 | +36 +4 | 71 49 4 | +40 +4 | 80 55 4 | +40 +4 | 80 55 4 |
| m5 | +43 +20 | 78 59 20 | +43 +20 | 78 59 20 | +46 +21 | 86 64 21 | +46 +21 | 86 64 21 |
| m6 | +52 +20 | 87 65 20 | +52 +20 | 87 65 20 | +57 +21 | 97 72 21 | +57 +21 | 97 72 21 |

| 400 450 | | 450 500 | | 500 560 | | 560 630 | | 630 710 | | 710 800 | | 800 900 | |
|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| 0 -45 | | 0 -45 | | 0 -50 | | 0 -50 | | 0 -75 | | 0 -75 | | 0 -100 | |
| -20 -47 | 25 1 47 | -20 -47 | 25 1 47 | -22 -51 | 28 1 51 | -22 -51 | 28 1 51 | -24 -56 | 51 15 56 | -24 -56 | 51 15 56 | -26 -62 | 74 29 62 |
| -20 -60 | 25 3 60 | -20 -60 | 25 3 60 | -22 -66 | 28 4 66 | -22 -66 | 28 4 66 | -24 -74 | 51 9 74 | -24 -74 | 51 9 74 | -26 -82 | 74 24 82 |
| 0 -27 | 45 21 27 | 0 -27 | 45 21 27 | 0 -29 | 50 23 29 | 0 -29 | 50 23 29 | 0 -32 | 75 39 32 | 0 -32 | 75 39 32 | 0 -36 | 100 55 36 |
| 0 -40 | 45 17 40 | 0 -40 | 45 17 40 | 0 -44 | 50 18 44 | 0 -44 | 50 18 44 | 0 -50 | 75 33 50 | 0 -50 | 75 33 50 | 0 -56 | 100 48 56 |
| +7 -20 | 52 28 20 | +7 -20 | 52 28 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| +20 -20 | 65 37 20 | +20 -20 | 65 37 20 | +22 -22 | 72 40 22 | +22 -22 | 72 40 22 | +25 -25 | 100 58 25 | +25 -25 | 100 58 25 | +28 -28 | 128 76 28 |
| +13,5 -13,5 | 59 35 14 | +13,5 -13,5 | 59 35 14 | +14,5 -14,5 | 65 38 15 | +14,5 -14,5 | 65 38 15 | +16 -16 | 91 55 16 | +16 -16 | 91 55 16 | +18 -18 | 118 73 18 |
| +20 -20 | 65 37 20 | +20 -20 | 65 37 20 | +22 -22 | 72 40 22 | +22 -22 | 72 40 22 | +25 -25 | 100 58 25 | +25 -25 | 100 58 25 | +28 -28 | 128 76 28 |
| +32 +5 | 77 53 5 | +32 +5 | 77 53 5 | +29 0 | 79 53 0 | +29 0 | 79 53 0 | +32 0 | 107 71 0 | +32 0 | 107 71 0 | +36 0 | 136 91 0 |
| +45 +5 | 90 62 5 | +45 +5 | 90 62 5 | +44 0 | 94 62 0 | +44 0 | 94 62 0 | +50 0 | 125 83 0 | +50 0 | 125 83 0 | +56 0 | 156 104 0 |
| +50 +23 | 95 71 23 | +50 +23 | 95 71 23 | +55 +26 | 105 78 26 | +55 +26 | 105 78 26 | +62 +30 | 137 101 30 | +62 +30 | 137 101 30 | +70 +34 | 170 125 34 |
| +63 +23 | 108 80 23 | +63 +23 | 108 80 23 | +70 +26 | 120 88 26 | +70 +26 | 120 88 26 | +80 +30 | 155 113 30 | +80 +30 | 155 113 30 | +90 +34 | 190 138 34 |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el eje

| Medida nominal del eje en mm | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|
| más de | 3 | 6 | 10 | 18 | 30 | 50 | | | | | | |
| hasta | 6 | 10 | 18 | 30 | 50 | 65 | | | | | | |
| Desviación del diámetro del agujero del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | | | | | |
| Δ_{dmp} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| | -8 | -8 | -8 | -10 | -12 | -15 | | | | | | |
| Límites del eje, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | | | | | |
| n5 | +13 | 21 | +16 | 24 | +20 | 28 | +24 | 34 | +28 | 40 | +33 | 48 |
| | +8 | 17 | +10 | 19 | +12 | 23 | +15 | 28 | +17 | 32 | +20 | 39 |
| n6 | +16 | 24 | +19 | 27 | +23 | 31 | +28 | 38 | +33 | 45 | +39 | 54 |
| | +8 | 19 | +10 | 21 | +12 | 25 | +15 | 30 | +17 | 36 | +20 | 43 |
| p6 | +20 | 28 | +24 | 32 | +29 | 37 | +35 | 45 | +42 | 54 | +51 | 66 |
| | +12 | 23 | +15 | 26 | +18 | 31 | +22 | 37 | +26 | 45 | +32 | 55 |
| p7 | +24 | 32 | +30 | 38 | +36 | 44 | +43 | 53 | +51 | 63 | +62 | 77 |
| | +12 | 25 | +15 | 30 | +18 | 35 | +22 | 43 | +26 | 51 | +32 | 62 |
| r6 | +23 | 31 | +28 | 36 | +34 | 42 | +41 | 51 | +50 | 62 | +60 | 75 |
| | +15 | 25 | +19 | 30 | +23 | 35 | +28 | 44 | +34 | 53 | +41 | 64 |
| r7 | +27 | 35 | +34 | 42 | +41 | 49 | +49 | 59 | +59 | 71 | +71 | 86 |
| | +15 | 28 | +19 | 34 | +23 | 40 | +28 | 49 | +34 | 59 | +41 | 71 |
| | | 15 | | 19 | | 23 | | 28 | | 34 | | 41 |
| Tolerancias del eje para manguitos de fijación y manguitos de desmontaje | | | | | | | | | | | | |
| h7/ $\frac{\text{IT5}}{2}$ | 0 | 2,5 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 4,5 | 0 | 5,5 | 0 | 6,5 |
| | -12 | | -15 | | -18 | | -21 | | -25 | | -30 | |
| h8/ $\frac{\text{IT5}}{2}$ | 0 | 2,5 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 4,5 | 0 | 5,5 | 0 | 6,5 |
| | -18 | | -22 | | -27 | | -33 | | -39 | | -46 | |
| h9/ $\frac{\text{IT6}}{2}$ | 0 | 4 | 0 | 4,5 | 0 | 5,5 | 0 | 6,5 | 0 | 8 | 0 | 9,5 |
| | -30 | | -36 | | -43 | | -52 | | -62 | | -74 | |

Los números impresos en cursiva indican los valores orientativos para la tolerancia de forma cilíndrica t_1 (DIN ISO 1101).

| 65 | | 80 | | 100 | | 120 | | 140 | | 160 | | 180 | | 200 | | 225 | |
|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 80 | | 100 | | 120 | | 140 | | 160 | | 180 | | 200 | | 225 | | 250 | |
| 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| -15 | | -20 | | -20 | | -25 | | -25 | | -25 | | -30 | | -30 | | -30 | |
| +33 | 48 | +38 | 58 | +38 | 58 | +45 | 70 | +45 | 70 | +45 | 70 | +51 | 81 | +51 | 81 | +51 | 81 |
| +20 | 39 | +23 | 46 | +23 | 46 | +27 | 56 | +27 | 56 | +27 | 56 | +31 | 64 | +31 | 64 | +31 | 64 |
| | 20 | | 23 | | 23 | | 27 | | 27 | | 27 | | 31 | | 31 | | 31 |
| +39 | 54 | +45 | 65 | +45 | 65 | +52 | 77 | +52 | 77 | +52 | 77 | +60 | 90 | +60 | 90 | +60 | 90 |
| +20 | 43 | +23 | 51 | +23 | 51 | +27 | 60 | +27 | 60 | +27 | 60 | +31 | 70 | +31 | 70 | +31 | 70 |
| | 20 | | 23 | | 23 | | 27 | | 27 | | 27 | | 31 | | 31 | | 31 |
| +51 | 66 | +59 | 79 | +59 | 79 | +68 | 93 | +68 | 93 | +68 | 93 | +79 | 109 | +79 | 109 | +79 | 109 |
| +32 | 55 | +37 | 65 | +37 | 65 | +43 | 76 | +43 | 76 | +43 | 76 | +50 | 89 | +50 | 89 | +50 | 89 |
| | 32 | | 37 | | 37 | | 43 | | 43 | | 43 | | 50 | | 50 | | 50 |
| +62 | 77 | +72 | 92 | +72 | 92 | +83 | 108 | +83 | 108 | +83 | 108 | +96 | 126 | +96 | 126 | +96 | 126 |
| +32 | 62 | +37 | 73 | +37 | 73 | +43 | 87 | +43 | 87 | +43 | 87 | +50 | 101 | +50 | 101 | +50 | 101 |
| | 32 | | 37 | | 37 | | 43 | | 43 | | 43 | | 50 | | 50 | | 50 |
| +62 | 77 | +73 | 93 | +76 | 96 | +88 | 113 | +90 | 115 | +93 | 118 | +106 | 136 | +109 | 139 | +113 | 143 |
| +43 | 66 | +51 | 79 | +54 | 82 | +63 | 97 | +65 | 99 | +68 | 102 | +77 | 116 | +80 | 119 | +84 | 123 |
| | 43 | | 51 | | 54 | | 63 | | 65 | | 68 | | 77 | | 80 | | 84 |
| +73 | 88 | +86 | 106 | +89 | 109 | +103 | 128 | +105 | 130 | +108 | 133 | +123 | 153 | +126 | 156 | +130 | 160 |
| +43 | 73 | +51 | 87 | +54 | 90 | +63 | 107 | +65 | 109 | +68 | 112 | +77 | 128 | +80 | 131 | +84 | 135 |
| | 43 | | 51 | | 54 | | 63 | | 65 | | 68 | | 77 | | 80 | | 84 |
| 0 | 6,5 | 0 | 7,5 | 0 | 7,5 | 0 | 9 | 0 | 9 | 0 | 9 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 |
| -30 | | -35 | | -35 | | -40 | | -40 | | -40 | | -46 | | -46 | | -46 | |
| 0 | 6,5 | 0 | 7,5 | 0 | 7,5 | 0 | 9 | 0 | 9 | 0 | 9 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 10 |
| -46 | | -54 | | -54 | | -63 | | -63 | | -63 | | -72 | | -72 | | -72 | |
| 0 | 9,5 | 0 | 11 | 0 | 11 | 0 | 12,5 | 0 | 12,5 | 0 | 12,5 | 0 | 14,5 | 0 | 14,5 | 0 | 14,5 |
| -74 | | -87 | | -87 | | -100 | | -100 | | -100 | | -115 | | -115 | | -115 | |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el eje Continuación

| Medida nominal del eje en mm | | | | | | | | | | |
|---|------|-------------------------|------|-------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|
| más de | 250 | | 280 | | 315 | | 355 | | 400 | |
| hasta | 280 | | 315 | | 355 | | 400 | | 450 | |
| Desviación del diámetro del agujero del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | | | |
| Δ_{dmp} | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | -35 | | -35 | | -40 | | -40 | | -45 | |
| Límites del eje, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | | | |
| n5 | +57 | 92 | +57 | 92 | +62 | 102 | +62 | 102 | +67 | 112 |
| | +34 | 73 34 | +34 | 73 34 | +37 | 80 37 | +37 | 80 37 | +40 | 88 40 |
| n6 | +66 | 101 | +66 | 101 | +73 | 113 | +73 | 113 | +80 | 125 |
| | +34 | 79 34 | +34 | 79 34 | +37 | 88 37 | +37 | 88 37 | +40 | 97 40 |
| p6 | +88 | 123 | +88 | 123 | +98 | 138 | +98 | 138 | +108 | 153 |
| | +56 | 101 56 | +56 | 101 56 | +62 | 113 62 | +62 | 113 62 | +68 | 125 68 |
| p7 | +108 | 143 | +108 | 143 | +119 | 159 | +119 | 159 | +131 | 176 |
| | +56 | 114 56 | +56 | 114 56 | +62 | 127 62 | +62 | 127 62 | +68 | 139 68 |
| r6 | +126 | 161 | +130 | 165 | +144 | 184 | +150 | 190 | +166 | 211 |
| | +94 | 138 94 | +98 | 142 98 | +108 | 159 108 | +114 | 165 114 | +126 | 183 126 |
| r7 | +146 | 181 | +150 | 185 | +165 | 205 | +171 | 211 | +189 | 234 |
| | +94 | 152 94 | +98 | 156 98 | +108 | 173 108 | +114 | 179 114 | +126 | 198 126 |
| Tolerancias del eje para manguitos de fijación y manguitos de desmontaje | | | | | | | | | | |
| h7/ $\frac{\text{IT5}}{2}$ | 0 | <i>11,5</i> | 0 | <i>11,5</i> | 0 | <i>12,5</i> | 0 | <i>12,5</i> | 0 | <i>13,5</i> |
| | -52 | | -52 | | -57 | | -57 | | -63 | |
| h8/ $\frac{\text{IT5}}{2}$ | 0 | <i>11,5</i> | 0 | <i>11,5</i> | 0 | <i>12,5</i> | 0 | <i>12,5</i> | 0 | <i>13,5</i> |
| | -81 | | -81 | | -89 | | -89 | | -97 | |
| h9/ $\frac{\text{IT6}}{2}$ | 0 | <i>16</i> | 0 | <i>16</i> | 0 | <i>18</i> | 0 | <i>18</i> | 0 | <i>20</i> |
| | -130 | | -130 | | -140 | | -140 | | -155 | |

Los números impresos en cursiva indican los valores orientativos para la tolerancia de forma cilíndrica t_1 (DIN ISO 1101).

| 450 | | 500 | | 560 | | 630 | | 710 | | 800 | |
|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
| 500 | | 560 | | 630 | | 710 | | 800 | | 900 | |
| 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| -45 | | -50 | | -50 | | -75 | | -75 | | -100 | |
| +67 | 112 | +73 | 123 | +73 | 123 | +82 | 157 | +82 | 157 | +92 | 192 |
| +40 | 88 | +44 | 96 | +44 | 96 | +50 | 121 | +50 | 121 | +56 | 147 |
| | 40 | | 44 | | 44 | | 50 | | 50 | | 56 |
| +80 | 125 | +88 | 138 | +88 | 138 | +100 | 175 | +100 | 175 | +112 | 212 |
| +40 | 97 | +44 | 106 | +44 | 106 | +50 | 133 | +50 | 133 | +56 | 160 |
| | 40 | | 44 | | 44 | | 50 | | 50 | | 56 |
| +108 | 153 | +122 | 172 | +122 | 172 | +138 | 213 | +138 | 213 | +156 | 256 |
| +68 | 125 | +78 | 140 | +78 | 140 | +88 | 171 | +88 | 171 | +100 | 204 |
| | 68 | | 78 | | 78 | | 88 | | 88 | | 100 |
| +131 | 176 | +148 | 198 | +148 | 198 | +168 | 243 | +168 | 243 | +190 | 290 |
| +68 | 139 | +78 | 158 | +78 | 158 | +88 | 199 | +88 | 199 | +100 | 227 |
| | 68 | | 78 | | 78 | | 88 | | 88 | | 100 |
| +172 | 217 | +194 | 244 | +199 | 249 | +225 | 300 | +235 | 310 | +266 | 366 |
| +132 | 189 | +150 | 212 | +155 | 217 | +175 | 258 | +185 | 268 | +210 | 314 |
| | 132 | | 150 | | 155 | | 175 | | 185 | | 210 |
| +195 | 240 | +220 | 270 | +225 | 275 | +255 | 330 | +265 | 340 | +300 | 400 |
| +132 | 204 | +150 | 230 | +155 | 235 | +175 | 278 | +185 | 288 | +210 | 337 |
| | 132 | | 150 | | 155 | | 175 | | 185 | | 210 |
| 0 | 13,5 | 0 | 14,5 | 0 | 14,5 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 | 18 |
| -63 | | -70 | | -70 | | -80 | | -80 | | -90 | |
| 0 | 13,5 | 0 | 14,5 | 0 | 14,5 | 0 | 16 | 0 | 16 | 0 | 18 |
| -97 | | -110 | | -110 | | -125 | | -125 | | -140 | |
| 0 | 20 | 0 | 22 | 0 | 22 | 0 | 25 | 0 | 25 | 0 | 28 |
| -155 | | -175 | | -175 | | -200 | | -200 | | -230 | |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el alojamiento

| Medida nominal del agujero del alojamiento en mm | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
| más de | 6 | | 10 | | 18 | | 30 | | 50 | |
| hasta | 10 | | 18 | | 30 | | 50 | | 80 | |
| Desviación del diámetro exterior del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | | | |
| Δ_{Dmp} | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | -8 | | -8 | | -9 | | -11 | | -13 | |
| Límites del alojamiento, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | | | |
| E8 | +47 | 25 | +59 | 32 | +73 | 40 | +89 | 50 | +106 | 60 |
| | +25 | 35 | +32 | 44 | +40 | 54 | +50 | 67 | +60 | 79 |
| | | 55 | | 67 | | 82 | | 100 | | 119 |
| F7 | +28 | 13 | +34 | 16 | +41 | 20 | +50 | 25 | +60 | 30 |
| | +13 | 21 | +16 | 25 | +20 | 30 | +25 | 37 | +30 | 44 |
| | | 36 | | 42 | | 50 | | 61 | | 73 |
| G6 | +14 | 5 | +17 | 6 | +20 | 7 | +25 | 9 | +29 | 10 |
| | +5 | 11 | +6 | 12 | +7 | 14 | +9 | 18 | +10 | 21 |
| | | 22 | | 25 | | 29 | | 36 | | 42 |
| G7 | +20 | 5 | +24 | 6 | +28 | 7 | +34 | 9 | +40 | 10 |
| | +5 | 13 | +6 | 15 | +7 | 17 | +9 | 21 | +10 | 24 |
| | | 28 | | 32 | | 37 | | 45 | | 53 |
| H6 | +9 | 0 | +11 | 0 | +13 | 0 | +16 | 0 | +19 | 0 |
| | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 | 7 | 0 | 9 | 0 | 11 |
| | | 17 | | 19 | | 22 | | 27 | | 32 |
| H7 | +15 | 0 | +18 | 0 | +21 | 0 | +25 | 0 | +30 | 0 |
| | 0 | 8 | 0 | 9 | 0 | 10 | 0 | 12 | 0 | 14 |
| | | 23 | | 26 | | 30 | | 36 | | 43 |
| H8 | +22 | 0 | +27 | 0 | +33 | 0 | +39 | 0 | +46 | 0 |
| | 0 | 10 | 0 | 12 | 0 | 14 | 0 | 17 | 0 | 20 |
| | | 30 | | 35 | | 42 | | 50 | | 59 |
| J6 | +5 | 4 | +6 | 5 | +8 | 5 | +10 | 6 | +13 | 6 |
| | -4 | 2 | -5 | 1 | -5 | 2 | -6 | 3 | -6 | 5 |
| | | 13 | | 14 | | 17 | | 21 | | 26 |
| J7 | +8 | 7 | +10 | 8 | +12 | 9 | +14 | 11 | +18 | 12 |
| | -7 | 1 | -8 | 1 | -9 | 1 | -11 | 1 | -12 | 2 |
| | | 16 | | 18 | | 21 | | 25 | | 31 |
| JS6 | +4,5 | 4,5 | +5,5 | 5,5 | +6,5 | 6,5 | +8 | 8 | +9,5 | 9,5 |
| | -4,5 | 2 | -5,5 | 1 | -6,5 | 0 | -8 | 1 | -9,5 | 0 |
| | | 12,5 | | 13,5 | | 15,5 | | 19 | | 22,5 |
| JS7 | +7,5 | 7,5 | +9 | 9 | +10,5 | 10,5 | +12,5 | 12,5 | +15 | 15 |
| | -7,5 | 1 | -9 | 0 | -10,5 | 1 | -12,5 | 1 | -15 | 1 |
| | | 15,5 | | 17 | | 19,5 | | 23,5 | | 28 |
| K6 | +2 | 7 | +2 | 9 | +2 | 11 | +3 | 13 | +4 | 15 |
| | -7 | 1 | -9 | 3 | -11 | 4 | -13 | 4 | -15 | 4 |
| | | 10 | | 10 | | 11 | | 14 | | 17 |
| K7 | +5 | 10 | +6 | 12 | +6 | 15 | +7 | 18 | +9 | 21 |
| | -10 | 2 | -12 | 3 | -15 | 5 | -18 | 6 | -21 | 7 |
| | | 13 | | 14 | | 15 | | 18 | | 22 |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el alojamiento

| Medida nominal del agujero del alojamiento en mm | | | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| más de | 80 | | 120 | | 150 | | 180 | |
| hasta | 120 | | 150 | | 180 | | 250 | |
| Desviación del diámetro exterior del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | |
| Δ_{Dmp} | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | -15 | | -18 | | -25 | | -30 | |
| Límites del alojamiento, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | |
| E8 | +126 | 72 85 141 | +148 | 85 112 166 | +148 | 85 114 173 | +172 | 100 134 202 |
| F7 | +71 | 36 53 86 | +83 | 43 62 101 | +83 | 43 64 108 | +96 | 50 75 126 |
| G6 | +34 | 12 24 49 | +39 | 14 28 57 | +39 | 14 31 64 | +44 | 15 35 74 |
| G7 | +47 | 12 29 62 | +54 | 14 33 72 | +54 | 14 36 79 | +61 | 15 40 91 |
| H6 | +22 | 0 12 37 | +25 | 0 14 43 | +25 | 0 17 50 | +29 | 0 20 59 |
| H7 | +35 | 0 17 50 | +40 | 0 19 58 | +40 | 0 22 65 | +46 | 0 25 76 |
| H8 | +54 | 0 23 69 | +63 | 0 27 81 | +63 | 0 29 88 | +72 | 0 34 102 |
| J6 | +16 | 6 6 31 | +18 | 7 7 36 | +18 | 7 10 43 | +22 | 7 13 52 |
| J7 | +22 | 13 4 37 | +26 | 14 5 44 | +26 | 14 8 51 | +30 | 16 9 60 |
| JS6 | +11 | 11 1 26 | +12,5 | 12,5 1 30,5 | +12,5 | 12,5 3 37,5 | +14,5 | 14,5 5 44,5 |
| JS7 | +17,5 | 17,5 1 32,5 | +20 | 20 1 38 | +20 | 20 1 45 | +23 | 23 2 53 |
| K6 | +4 | 18 6 19 | +4 | 21 7 22 | +4 | 21 4 29 | +5 | 24 4 35 |
| K7 | +10 | 25 8 25 | +12 | 28 9 30 | +12 | 28 6 37 | +13 | 33 8 43 |

| 250 315 | | 315 400 | | 400 500 | | 500 630 | | 630 800 | | 800 1000 | | 1000 1250 | |
|--------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 0 -35 | | 0 -40 | | 0 -45 | | 0 -50 | | 0 -75 | | 0 -100 | | 0 -125 | |
| +191 +110 | 110 149 226 | +214 +125 | 125 168 254 | +232 +135 | 135 182 277 | +255 +145 | 145 199 305 | +285 +160 | 160 227 360 | +310 +170 | 170 250 410 | +360 +195 | 195 292 485 |
| +108 +56 | 56 85 143 | +119 +62 | 62 94 159 | +131 +68 | 68 104 176 | +146 +76 | 76 116 196 | +160 +80 | 80 132 235 | +176 +86 | 86 149 276 | +203 +98 | 98 175 328 |
| +49 +17 | 17 39 84 | +54 +18 | 18 43 94 | +60 +20 | 20 48 105 | +66 +22 | 22 54 116 | +74 +24 | 24 66 149 | +82 +26 | 26 78 182 | +94 +28 | 28 93 219 |
| +69 +17 | 17 46 104 | +75 +18 | 18 50 115 | +83 +20 | 20 56 128 | +92 +22 | 22 62 142 | +104 +24 | 24 76 179 | +116 +26 | 26 89 216 | +133 +28 | 28 105 258 |
| +32 0 | 0 22 67 | +36 0 | 0 25 76 | +40 0 | 28 85 | +44 0 | 32 94 | +50 0 | 42 125 | +56 0 | 52 156 | +66 0 | 64 191 |
| +52 0 | 0 29 87 | +57 0 | 0 32 97 | +63 0 | 36 108 | +70 0 | 40 120 | +80 0 | 52 155 | +90 0 | 63 190 | +105 0 | 77 230 |
| +81 0 | 0 39 116 | +89 0 | 0 43 129 | +97 0 | 47 142 | +110 0 | 54 160 | +125 0 | 67 200 | +140 0 | 80 240 | +165 0 | 97 290 |
| +25 -7 | 7 15 60 | +29 -7 | 7 18 69 | +33 -7 | 7 21 78 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| +36 -16 | 16 13 71 | +39 -18 | 18 14 79 | +43 -20 | 20 16 88 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| +16 -16 | 16 7 51 | +18 -18 | 18 6 58 | +20 -20 | 20 8 65 | +22 -22 | 22 10 72 | +25 -25 | 25 17 100 | +28 -28 | 28 24 128 | +33 -33 | 33 31 158 |
| +26 -26 | 26 3 61 | +28,5 -28,5 | 28,5 3 68,5 | +31,5 -31,5 | 31,5 4 76,5 | +35 -35 | 35 5 85 | +40 -40 | 40 12 115 | +45 -45 | 45 18 145 | +52 -52 | 52 24 177 |
| +5 -27 | 27 5 40 | +7 -29 | 29 4 47 | +8 -32 | 32 4 53 | 0 -44 | 44 12 50 | 0 -50 | 50 8 75 | 0 -56 | 56 4 100 | 0 -66 | 66 2 125 |
| +16 -36 | 36 7 51 | +17 -40 | 40 8 57 | +18 -45 | 45 9 63 | 0 -70 | 70 30 50 | 0 -80 | 80 28 75 | 0 -90 | 90 27 100 | 0 -105 | 105 28 125 |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Ajustes en el alojamiento

| Medida nominal del agujero del alojamiento en mm | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|------------|-----------------|
| más de | 6 | | 10 | | 18 | | 30 | | 50 | | 80 | |
| hasta | 10 | | 18 | | 30 | | 50 | | 80 | | 120 | |
| Desviación del diámetro exterior del rodam. en μm (tolerancia normal) | | | | | | | | | | | | |
| Δ_{Dmp} | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | -8 | | -8 | | -9 | | -11 | | -13 | | -15 | |
| Límites del alojamiento, interferencia o juego de ajuste en μm | | | | | | | | | | | | |
| M6 | -3 | 12 | -4 | 15 | -4 | 17 | -4 | 20 | -5 | 24 | -6 | 28 |
| | -12 | 6 5 | -15 | 9 4 | -17 | 10 5 | -20 | 11 7 | -24 | 13 8 | -28 | 16 9 |
| M7 | 0 | 15 | 0 | 18 | 0 | 21 | 0 | 25 | 0 | 30 | 0 | 35 |
| | -15 | 7 8 | -18 | 9 8 | -21 | 11 9 | -25 | 13 11 | -30 | 16 13 | -35 | 18 15 |
| N6 | -7 | 16 | -9 | 20 | -11 | 24 | -12 | 28 | -14 | 33 | -16 | 38 |
| | -16 | 10 1 | -20 | 14 1 | -24 | 17 2 | -28 | 19 1 | -33 | 22 1 | -38 | 26 1 |
| N7 | -4 | 19 | -5 | 23 | -7 | 28 | -8 | 33 | -9 | 39 | -10 | 45 |
| | -19 | 11 4 | -23 | 14 3 | -28 | 18 2 | -33 | 21 3 | -39 | 25 4 | -45 | 28 5 |
| P6 | -12 | 21 | -15 | 26 | -18 | 31 | -21 | 37 | -26 | 45 | -30 | 52 |
| | -21 | 15 4 | -26 | 20 7 | -31 | 24 9 | -37 | 28 10 | -45 | 34 13 | -52 | 40 15 |
| P7 | -9 | 24 | -11 | 29 | -14 | 35 | -17 | 42 | -21 | 51 | -24 | 59 |
| | -24 | 16 1 | -29 | 20 3 | -35 | 25 5 | -42 | 30 6 | -51 | 37 8 | -59 | 42 9 |

| 120 | | 150 | | 180 | | 250 | | 315 | | 400 | | 500 | | 630 | | 800 | |
|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
| 150 | | 180 | | 250 | | 315 | | 400 | | 500 | | 630 | | 800 | | 1000 | |
| 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| -18 | | -25 | | -30 | | -35 | | -40 | | -45 | | -50 | | -75 | | -100 | |
| -8 | 33 | -8 | 33 | -8 | 37 | -9 | 41 | -10 | 46 | -10 | 50 | -26 | 70 | -30 | 80 | -34 | 90 |
| -33 | 19 | -33 | 16 | -37 | 17 | -41 | 19 | -46 | 21 | -50 | 22 | -70 | 38 | -80 | 38 | -90 | 38 |
| | 10 | | 17 | | 22 | | 26 | | 30 | | 35 | | 24 | | 45 | | 66 |
| 0 | 40 | 0 | 40 | 0 | 46 | 0 | 52 | 0 | 57 | 0 | 63 | -26 | 96 | -30 | 110 | -34 | 124 |
| -40 | 21 | -40 | 18 | -46 | 21 | -52 | 23 | -57 | 25 | -63 | 27 | -96 | 56 | -110 | 58 | -124 | 61 |
| | 18 | | 25 | | 30 | | 35 | | 40 | | 45 | | 24 | | 45 | | 66 |
| -20 | 45 | -20 | 45 | -22 | 51 | -25 | 57 | -26 | 62 | -27 | 67 | -44 | 88 | -50 | 100 | -56 | 112 |
| -45 | 31 | -45 | 28 | -51 | 31 | -57 | 35 | -62 | 37 | -67 | 39 | -88 | 56 | -100 | 58 | -112 | 60 |
| | 2 | | 5 | | 8 | | 10 | | 14 | | 18 | | 6 | | 25 | | 44 |
| -12 | 52 | -12 | 52 | -14 | 60 | -14 | 66 | -16 | 73 | -17 | 80 | -44 | 114 | -50 | 130 | -56 | 146 |
| -52 | 33 | -52 | 30 | -60 | 35 | -66 | 37 | -73 | 41 | -80 | 44 | -114 | 74 | -130 | 78 | -146 | 83 |
| | 6 | | 13 | | 16 | | 21 | | 24 | | 28 | | 6 | | 25 | | 44 |
| -36 | 61 | -36 | 61 | -41 | 70 | -47 | 79 | -51 | 87 | -55 | 95 | -78 | 122 | -88 | 138 | -100 | 156 |
| -61 | 47 | -61 | 44 | -70 | 50 | -79 | 57 | -87 | 62 | -95 | 67 | -122 | 90 | -138 | 96 | -156 | 104 |
| | 18 | | 11 | | 11 | | 12 | | 11 | | 10 | | 28 | | 13 | | 0 |
| -28 | 68 | -28 | 68 | -33 | 79 | -36 | 88 | -41 | 98 | -45 | 108 | -78 | 148 | -88 | 168 | -100 | 190 |
| -68 | 49 | -68 | 46 | -79 | 54 | -88 | 59 | -98 | 66 | -108 | 72 | -148 | 108 | -168 | 126 | -190 | 127 |
| | 10 | | 3 | | 3 | | 1 | | 1 | | 0 | | 28 | | 13 | | 0 |

Ajustes en el alojamiento

| Medida nominal del agujero del alojamiento en mm | | |
|--|--------------|-------------------------------|
| más de | 1000 | |
| hasta | 1250 | |
| Desviación del diámetro exterior del rodam. en μm (tolerancia normal) | | |
| Δ_{Dmp} | 0 | |
| | -125 | |
| Límites del alojamiento, interferencia o juego de ajuste en μm | | |
| M6 | -40 -106 | 106 45 85 |
| M7 | -40 -145 | 145 68 85 |
| N6 | -66 -132 | 132 67 59 |
| N7 | -66 -171 | 171 94 59 |
| P6 | -120 -186 | 186 121 5 |
| P7 | -120 -225 | 225 148 5 |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Círculo inscrito

Para rodamientos sin anillo interior es determinante el círculo inscrito F_w . Éste es la circunferencia interior tangente a las agujas, estando éstas apoyadas sin juego en la pista de rodadura del anillo exterior, *figura 15*. Cuando los rodamientos no están montados, está dentro del campo de tolerancia F6 (excepto los casquillos de agujas y los casquillos de agujas con fondo). Límites de F6 y F8, ver tabla.

- ① Aguja
- ② Pista de rodadura del anillo exterior
 F_w = diámetro del círculo inscrito

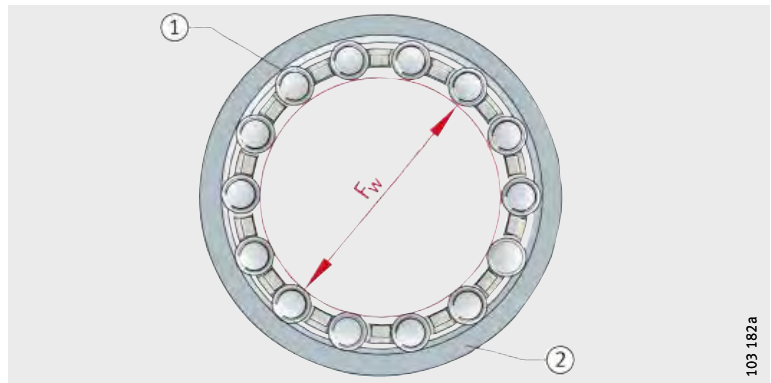


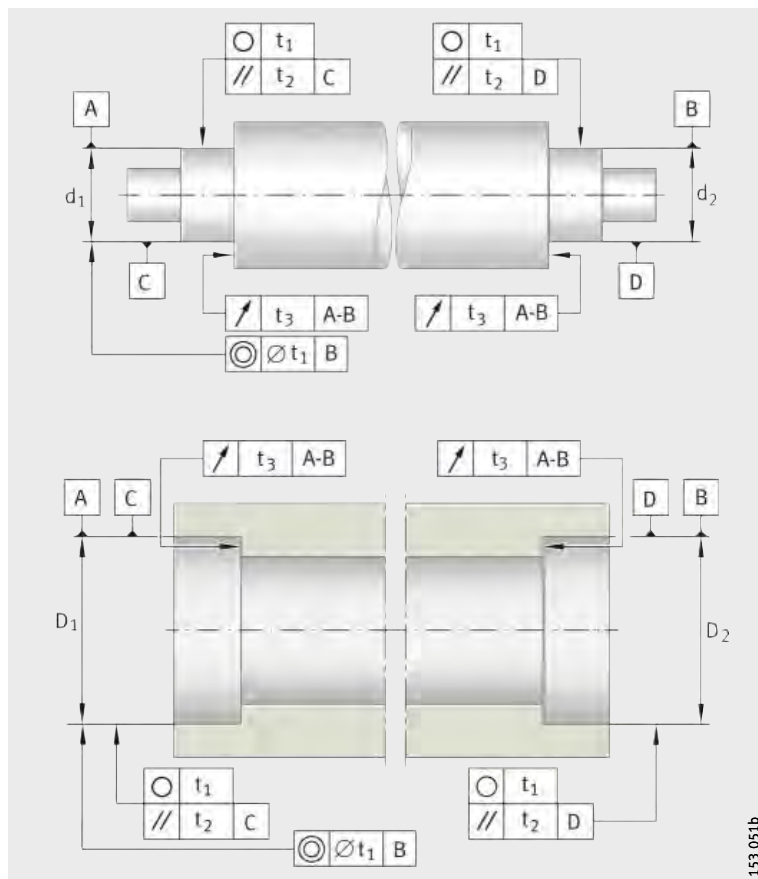
Figura 15
Círculo inscrito

Límites para el diámetro del círculo inscrito

| Diámetro del círculo inscrito F_w mm | | Campo de tolerancia F6 | | Campo de tolerancia F8 | |
|---|-------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | Tolerancia del diámetro del círculo inscrito F_w | | Tolerancia del diámetro del círculo inscrito F_w | |
| más de | hasta | límite superior μm | límite inferior μm | límite superior μm | límite inferior μm |
| 3 | 6 | +18 | +10 | +28 | +10 |
| 6 | 10 | +22 | +13 | +35 | +13 |
| 10 | 18 | +27 | +16 | +43 | +16 |
| 18 | 30 | +33 | +20 | +53 | +20 |
| 30 | 50 | +41 | +25 | +64 | +25 |
| 50 | 80 | +49 | +30 | +76 | +30 |
| 80 | 120 | +58 | +36 | +90 | +36 |
| 120 | 180 | +68 | +43 | +106 | +43 |
| 180 | 250 | +79 | +50 | +122 | +50 |
| 250 | 315 | +88 | +56 | +137 | +56 |
| 315 | 400 | +98 | +62 | +151 | +62 |
| 400 | 500 | +108 | +68 | +165 | +68 |

Tolerancias de forma y de posición de las superficies de apoyo de los rodamientos

Para obtener los ajustes deseados, el asiento del rodamiento y las superficies de ajuste en el eje y en el alojamiento deben cumplir ciertas tolerancias, *figura 16* y tabla, página 170.



t₁ = redondez
t₂ = paralelismo
t₃ = salto axial de los resaltes de apoyo

Figura 16
Tolerancias de forma y de posición

Precisión de las superficies de apoyo de los rodamientos

Segundo asiento de rodamiento

Los grados de precisión para las tolerancias de los asientos del rodamiento en el eje y en el alojamiento se muestran en las tablas, página 170, y las tolerancias básicas ISO (ISO 286-1:1988).

Las tolerancias de posición para un segundo asiento de rodamiento en el eje (d₂) o bien en el alojamiento (D₂) (expresado por la coaxialidad según DIN ISO 1101), deben determinarse en función de la adaptabilidad angular de cada rodamiento. Por ello, deben tenerse en cuenta los errores de alineación debidos a deformaciones elásticas del eje y del alojamiento.

Alojamiento

En alojamientos partidos, las superficies de separación no deben tener rebabas.

La precisión de los asientos de los rodamientos se determina en función de la precisión del rodamiento seleccionado.

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Tolerancias de forma y de posición de las superficies de apoyo de los rodamientos

| Clase de tolerancia | Superficie de asiento | Tolerancia del diámetro | Tolerancia de redondez | Tolerancia de paralelismo | Tolerancia de salto axial del resalte de apoyo |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| | | | t ₁ | t ₂ | t ₃ |
| PN P6X | Eje | IT6 (IT5) | Carga giratoria IT4/2 | IT4 | IT4 |
| | | | Carga puntual IT5/2 | IT5 | |
| | Alojamiento | IT7 (IT6) | Carga giratoria IT5/2 | IT5 | IT5 |
| | | | Carga puntual IT6/2 | IT6 | |
| P5 | Eje | IT5 | Carga giratoria IT2/2 | IT2 | IT2 |
| | | | Carga puntual IT3/2 | IT3 | |
| | Alojamiento | IT6 | Carga giratoria IT3/2 | IT3 | IT3 |
| | | | Carga puntual IT4/2 | IT4 | |
| P4 P4S SP | Eje | IT4 | Carga giratoria IT1/2 | IT1 | IT1 |
| | | | Carga puntual IT2/2 | IT2 | |
| | Alojamiento | IT5 | Carga giratoria IT2/2 | IT2 | IT2 |
| | | | Carga puntual IT3/2 | IT3 | |
| UP | Eje | IT3 | Carga giratoria IT0/2 | IT0 | IT0 |
| | | | Carga puntual IT1/2 | IT1 | |
| | Alojamiento | IT4 | Carga giratoria IT1/2 | IT1 | IT1 |
| | | | Carga puntual IT2/2 | IT2 | |

Tolerancias básicas ISO (calidades IT) según DIN ISO 286-1:1988, ver tablas, página 172.

Rugosidad de los asientos de los rodamientos

La rugosidad superficial de los asientos de los rodamientos se debe ajustar a la clase de tolerancia de los mismos. La rugosidad media R_a no debe ser demasiado grande para que la pérdida de interferencia quede en niveles aceptables. Los ejes se rectifican y los alojamientos se mecanizan con precisión. Valores orientativos, ver tabla.

Las tolerancias del alojamiento y del eje, así como los valores de la rugosidad superficial admisibles, también se indican en las instrucciones de diseño y seguridad en los capítulos de producto. Los valores orientativos para la rugosidad corresponden a DIN 5 425-1.

Valores orientativos para la rugosidad de las superficies de asiento de los rodamientos

| Diámetro del asiento del rodamiento d (D) mm | | Rugosidad media R_a recomendada y clases de rugosidad para asientos rectificadas Tolerancia del diámetro en concordancia ²⁾ μm | | | |
|---|-------|--|----------|----------|----------|
| más de | hasta | IT7 | IT6 | IT5 | IT4 |
| – | 80 | 1,6 (N7) | 0,8 (N6) | 0,4 (N5) | 0,2 (N4) |
| 80 | 500 | 1,6 (N7) | 1,6 (N7) | 0,8 (N6) | 0,4 (N5) |
| 500 | 1 250 | 3,2 (N8) ¹⁾ | 1,6 (N7) | 1,6 (N7) | 0,8 (N6) |

¹⁾ Para el montaje mediante procedimientos hidráulicos, la rugosidad $R_a = 1,6 \mu\text{m}$ no debe ser superada.

²⁾ Los valores entre paréntesis son clases de rugosidad según DIN ISO 1302.

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Valores para las calidades IT

La tabla muestra los valores numéricos para las tolerancias básicas ISO (calidades IT) según DIN ISO 286-1:1988.

Calidades IT y valores

| Medida nominal en mm | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| más de | 1 | 3 | 6 | 10 | 18 | 30 |
| hasta | 3 | 6 | 10 | 18 | 30 | 50 |
| Valores en μm | | | | | | |
| IT0 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1 |
| IT1 | 0,8 | 1 | 1 | 1,2 | 1,5 | 1,5 |
| IT2 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 |
| IT3 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4 |
| IT4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| IT5 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 |
| IT6 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 |
| IT7 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 |
| IT8 | 14 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 |
| IT9 | 25 | 30 | 36 | 43 | 52 | 62 |
| IT10 | 40 | 48 | 58 | 70 | 84 | 100 |
| IT11 | 60 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 |
| IT12 | 100 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 |

| 50 | 80 | 120 | 180 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1 000 |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| 80 | 120 | 180 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1 000 | 1 250 |
| 1,2 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | – | – | – | – |
| 2 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 6 | 7 | 8 | – | – | – | – |
| 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | – | – | – | – |
| 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | – | – | – | – |
| 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | – | – | – | – |
| 13 | 15 | 18 | 20 | 23 | 25 | 27 | 29 | 32 | 36 | 42 |
| 19 | 22 | 25 | 29 | 32 | 36 | 40 | 44 | 50 | 56 | 66 |
| 30 | 35 | 40 | 46 | 52 | 57 | 63 | 70 | 80 | 90 | 105 |
| 46 | 54 | 63 | 72 | 81 | 89 | 97 | 110 | 125 | 140 | 165 |
| 74 | 87 | 100 | 115 | 130 | 140 | 155 | 175 | 200 | 230 | 260 |
| 120 | 140 | 160 | 185 | 210 | 230 | 250 | 280 | 320 | 360 | 420 |
| 190 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 | 400 | 440 | 500 | 560 | 660 |
| 300 | 350 | 400 | 460 | 520 | 570 | 630 | 700 | 800 | 900 | 1 050 |

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Pistas de rodadura para rodamientos sin anillos



En rodamientos sin anillos interior y/o exterior, los elementos rodantes se apoyan directamente sobre el eje o en el agujero del alojamiento.

¡Construir el eje y el agujero del alojamiento como pistas de rodadura de rodamientos!

¡Las pistas de rodadura deben estar siempre libres de ondulaciones y mecanizarse con precisión (rectificar y pulir)!

¡Para una rugosidad media $R_a > 0,2 \mu\text{m}$ la capacidad de carga de los rodamientos no se puede aprovechar completamente!

¡Tener en cuenta las indicaciones adicionales respecto a la ejecución del eje en los capítulos de producto!

¡Las tolerancias de los diámetros del eje y del alojamiento determinan el juego del rodamiento!

Materiales para las pistas de rodadura Aceros de gran dureza másica

Como materiales para las pistas de rodadura, en caso de rodaduras directas, son adecuados los aceros de gran dureza másica, según ISO 683-17 (como 100Cr6). Estos aceros pueden ser templados también solamente en la capa superficial.

Aceros de cementación

También pueden templarse superficialmente los aceros de cementación ISO 683-17 (como 17MnCr5, 16CrNiMo6) o EN 10 084 (como 16MnCr5).

Temple a la llama o por inducción

Para el temple a la llama o por inducción, se emplean los aceros según ISO 683-17 (como Cf54, 43CrMo4) o DIN 17 212 (como Cf53).

Dureza superficial y profundidad de temple

Los valores son válidos para pistas de rodadura, arandelas de tope y resaltes en el eje. En la utilización de aceros de cementación y de temple a la llama o por inducción, debe garantizarse una dureza superficial de 670 HV + 170 HV y una profundidad de cementación CHD o SHD suficiente.

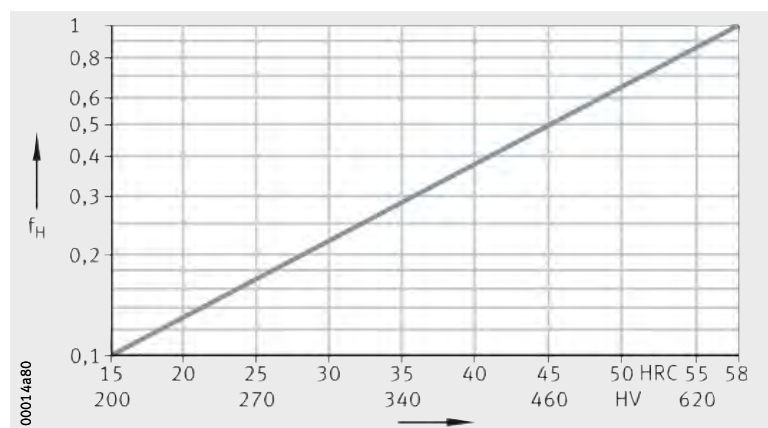
Según DIN 50 190 la profundidad de temple es la profundidad de la zona superficial templada, que todavía presenta una dureza de 550 HV. Se mide en la superficie rectificada y acabada y debe ser conforme a los valores indicados, pero en todo caso $\geq 0,3 \text{ mm}$.



¡Si las pistas de rodadura son más blandas que 650 HV (58 HRC), la rodadura no alcanza su plena capacidad de carga! ¡En este caso, las capacidades de carga dinámica C_r y estática C_{0r} se deben reducir por el factor f_H , figura 17!

f_H = factor para tener en cuenta la dureza de la pista de rodadura
HRC, HV = dureza superficial

Figura 17
Factores para tener en cuenta la dureza de la pista de rodadura



Curvas de dureza

Las curvas de dureza están representadas esquemáticamente, ver *figura 18* y *figura 19*. La curva de dureza necesaria se obtiene a partir del diagrama de tensiones del material.

Las ecuaciones están basadas en curvas de dureza que se alcanzan en una situación normal y con un tratamiento térmico correcto.

Cementación:

$$\text{CHD} \cong 0,078 \cdot D_w$$

Temple a la llama o por inducción:

$$\text{SHD} \cong 140 \cdot D_w / R_{p0,2}$$

CHD mm
Profundidad de cementación
SHD mm
Profundidad de temple
 D_w mm
Diámetro de los elementos rodantes
 $R_{p0,2}$ N/mm²
Límite elástico.

- ① Cementación
 - ② Dureza necesaria
 - ③ Dureza
 - ④ Distancia de la superficie
- CHD = profundidad de cementación con dureza 550 HV

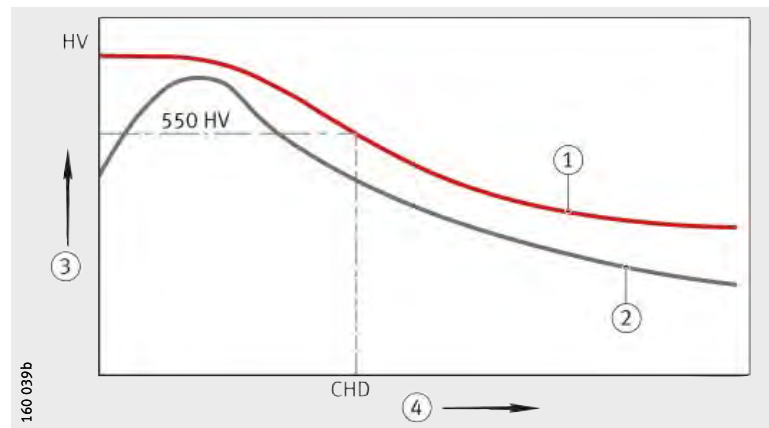


Figura 18
Profundidad de cementación CHD y curva de dureza

- ① Temple a la llama o por inducción
 - ② Dureza necesaria
 - ③ Dureza
 - ④ Distancia de la superficie
- SHD = profundidad de temple

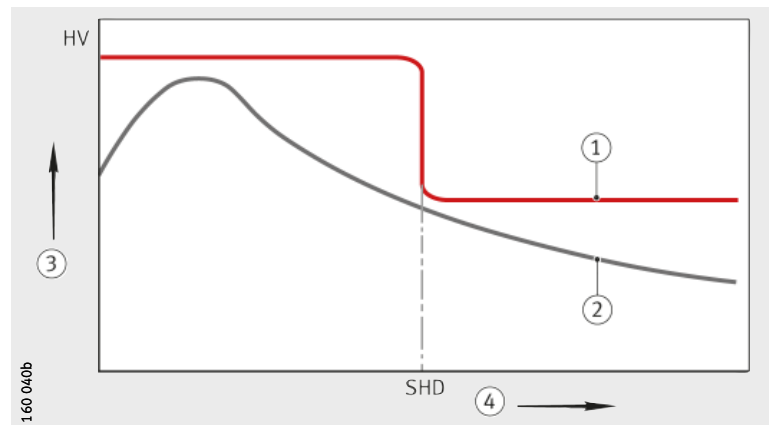


Figura 19
Profundidad de temple SHD y curva de dureza

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Fijación axial de los rodamientos

La fijación axial de los anillos del rodamiento se adapta a la disposición de rodamientos correspondiente (apoyo fijo, apoyo libre, rodamientos dispuestos de forma ajustada y/o flotante).

Ejemplos, ver *figura 20*, página 177 hasta *figura 30*, página 180.

Instrucciones sobre el diseño



¡Fijar los anillos del rodamiento con ajuste con interferencia para evitar el desplazamiento lateral! ¡Los anillos solamente pueden estar en contacto con el resalte del eje o del alojamiento y no en la garganta!

¡Los radios máximos de las piezas anexas deben ser inferiores a las distancias a los cantos y chaflanes más pequeñas r , o bien r_1 de los rodamientos!

¡Mecanizar los chaflanes con un radio según DIN 5 418 o con un rebaje de salida de muela según DIN 509!

¡La altura del resalte de las contrapiezas debe ser tan grande que incluso para una distancia máxima a los cantos del rodamiento, permanezca una superficie de apoyo suficientemente ancha (DIN 5 418)!

¡En las tablas de los rodamientos se indican los diámetros máximos del radio r_a o r_{a1} y los diámetros de los resaltes de apoyo y chaflanes (D_a o d_a)!

¡En los capítulos de producto se indican las características especiales de los diferentes tipos, como p.ej. para rodamientos de agujas, rodamientos de rodillos cilíndricos, rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos axiales!

Rodamientos fijos

Los rodamientos fijos absorben las fuerzas axiales. El elemento de fijación correspondiente debe ser apropiado para dichas fuerzas axiales. Son apropiados los bordes de apoyo en el eje y en el alojamiento, anillos elásticos, tapas en el alojamiento, tuercas o anillos distanciadores.

Rodamientos libres

Los rodamientos libres solamente deben transmitir reducidas fuerzas axiales, en caso de dilataciones térmicas. La fijación axial solamente debe impedir el desplazamiento de los anillos. Para ello, en muchas ocasiones es suficiente un ajuste fijo.

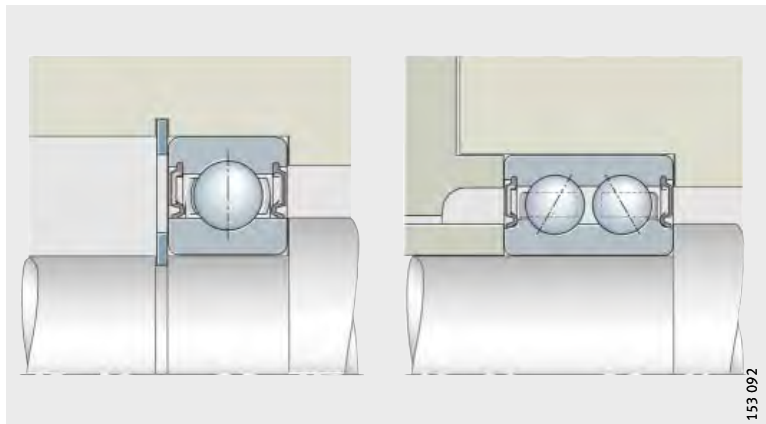
Rodamientos autoretenidos

En caso de rodamientos no despiezables, solamente hay que ajustar fijamente un anillo; el otro anillo es retenido por los elementos rodantes.

**Rodamientos rígidos a bolas
y rodamientos a bolas
de contacto angular de dos hileras**

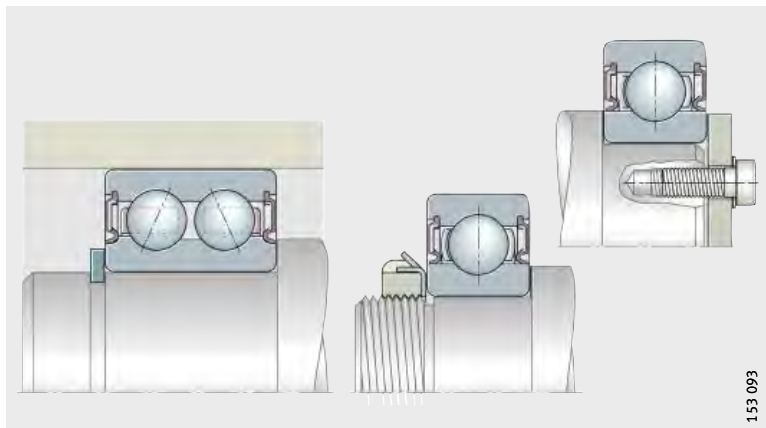
Apoyo por ambos ados
de los anillos interior y exterior

Figura 20
Rodamientos fijos



Apoyo por ambos lados del anillo interior

Figura 21
Rodamientos libres



Rodamientos de rodillos cilíndricos

Los anillos interior y exterior se deben apoyar por ambos lados, *figura 22* hasta *figura 24*, página 178.

Apoyar los bordes de los rodamientos de rodillos cilíndricos sometidos a carga axial, hasta la medida d_1 o D_1 .

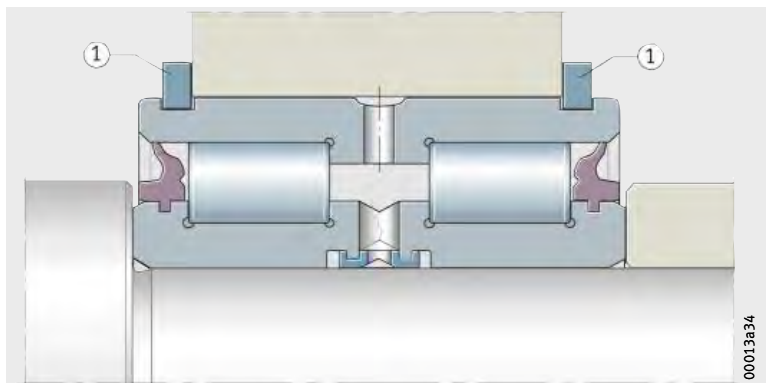
Medidas d_1 y D_1 , ver tablas de medidas.

Para rodamientos de apoyo es suficiente un apoyo unilateral de los anillos en el borde, que absorba la carga axial.

Anillo exterior fijado axialmente mediante
anillos elásticos de seguridad

① Anillos elásticos de seguridad

Figura 22
Rodamientos fijos

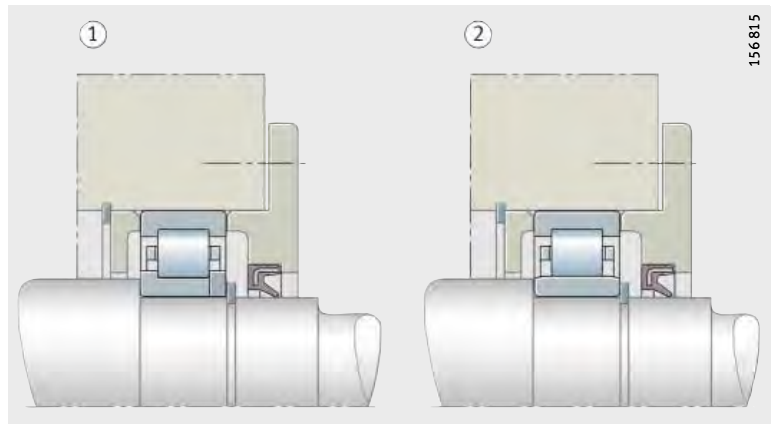


Mecanizado y ejecución de los apoyos

Fijación axial con ajuste positivo

- ① Rodamiento fijo
- ② Rodamiento libre

Figura 23
Rodamiento fijo y rodamiento libre



El borde del anillo interior impide el desplazamiento axial hacia un lado

Figura 24
Rodamiento libre

Coronas de agujas



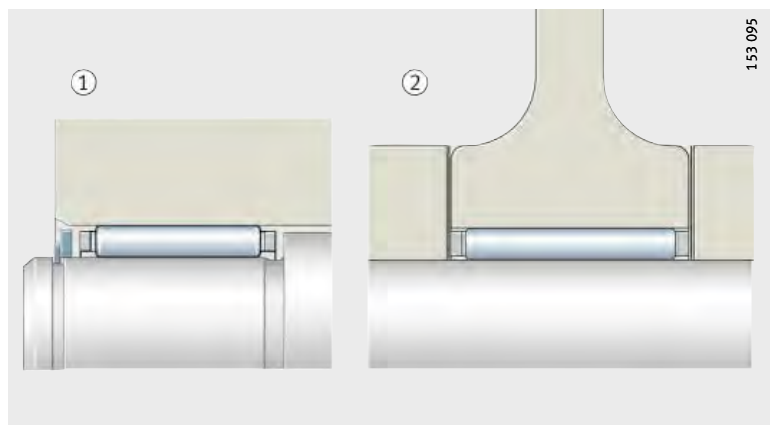
¡Mecanizar con precisión las superficies laterales de apoyo ($R_a 2$) y que sean resistentes al desgaste!

¡Colocar una arandela delante de los anillos elásticos de seguridad, *figura 25*!

¡Asegurarse de que entre el anillo elástico y la arandela haya suficiente superposición!

- ① Fijación mediante anillo elástico y arandela
- ② Fijación mediante la construcción anexa

Figura 25
Rodamientos libres

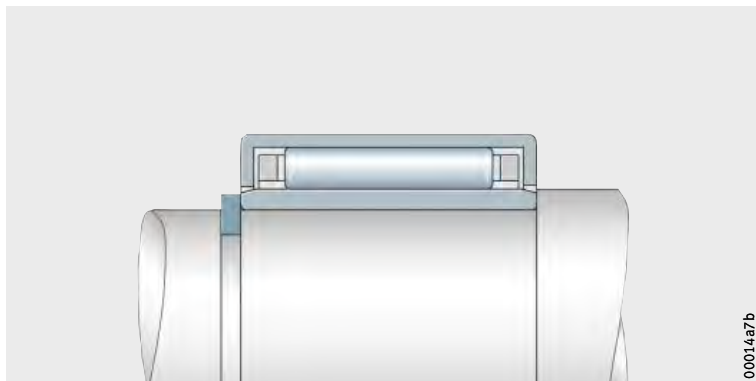


**Casquillos de agujas,
casquillos de agujas con fondo,
rodamientos de agujas sin bordes,
rodamientos de agujas
sin anillo interior**

La fijación se efectúa mediante un anillo elástico y un borde de apoyo, *figura 26* y *figura 27*. Asegurarse de que entre el anillo elástico y la cara frontal del anillo interior haya suficiente superposición.

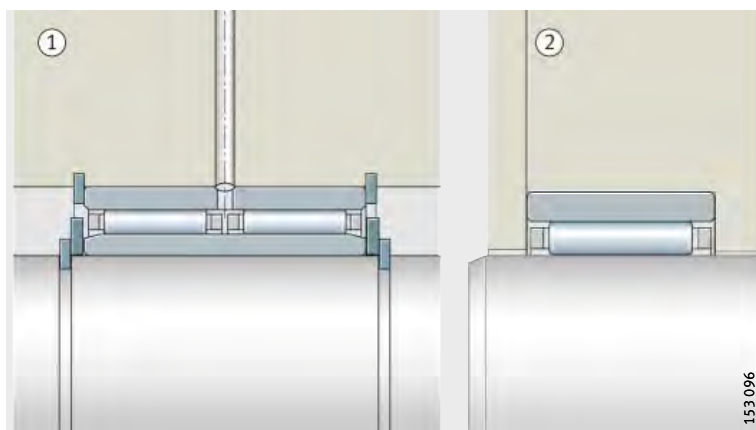
Casquillos de agujas
Fijación axial mediante
un anillo elástico y un resalte en el eje

Figura 26
Rodamientos libres



Rodamientos de agujas
① Fijación axial mediante anillos elásticos
② Fijación axial mediante resaltes
de apoyo

Figura 27
Fijación axial de los rodamientos
de agujas



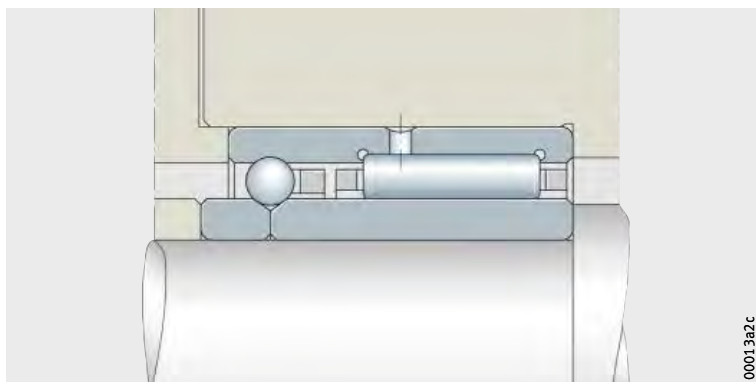
**Rodamientos
de agujas combinados**



¡El apoyo axial por ambos lados de los anillos del rodamiento es muy importante en apoyos fijos y en rodamientos con anillos interior o exterior partidos, *figura 28*!

Rodamientos de agujas
y a bolas de contacto angular
Apoyo axial por ambos lados
de los anillos del rodamiento

Figura 28
Rodamiento fijo



Mecanizado y ejecución de los apoyos

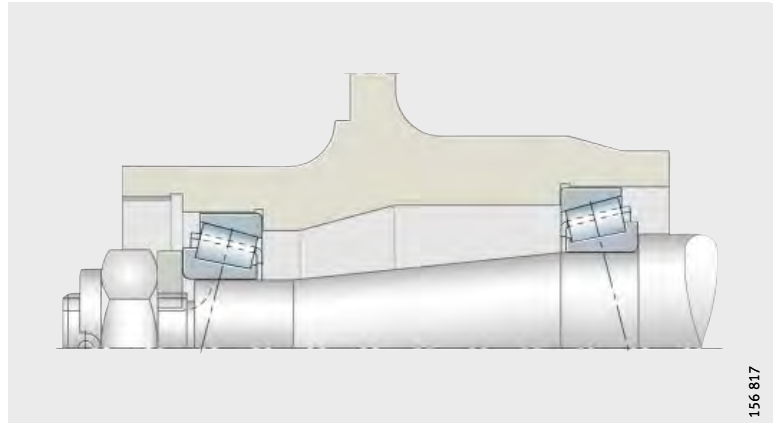
Rodaduras ajustadas y rodaduras flotantes

Como los rodamientos ajustados y dispuestos de forma flotante transmiten fuerzas axiales en un solo sentido, los anillos sólo deben apoyarse en un lado. Para el guiado en el otro sentido hay otro rodamiento, colocado simétricamente de forma opuesta, *figura 29* y *figura 30*. Como elemento de posicionado son adecuadas tuercas para ejes, anillos roscados, tapas o arandelas distanciadoras.

Para las rodaduras flotantes, el movimiento lateral de los anillos se limita mediante resaltes en el eje o en el alojamiento, tapas, anillos elásticos, etc., *figura 30*.

Fijación axial

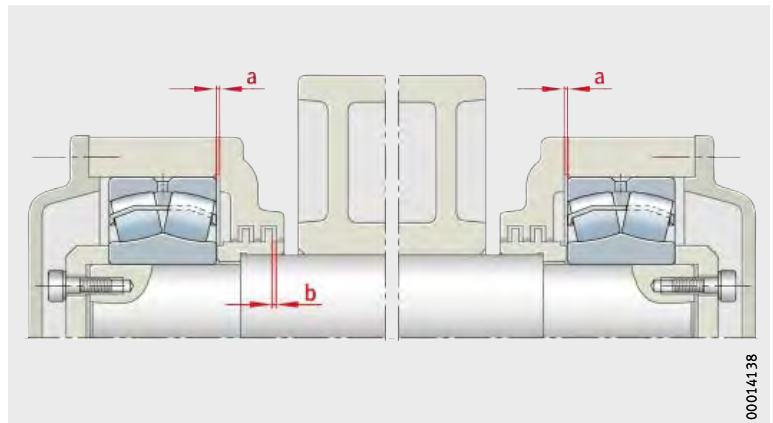
Figura 29
Rodadura ajustada



Fijación axial

$a =$ juego de guiado;
 $a < b$ ($b =$ intersticio axial del laberinto)

Figura 30
Rodadura flotante



Obturaciones

Las obturaciones influyen de forma decisiva en la duración de vida de los rodamientos. Deben retener el lubricante en el rodamiento y además, deben impedir que la suciedad penetre el rodamiento.

La suciedad puede tener consecuencias diferentes:

- Un gran número de partículas pequeñas, de efecto abrasivo, desgastan el rodamiento. El mayor juego radial o el incremento del ruido finalizan la duración de vida del rodamiento.
- Mayores partículas duras, excesivamente sometidas al paso de los elementos rodantes, reducen la duración de vida a la fatiga ya que, a elevadas cargas sobre los rodamientos, se forman pittings en las zonas indentadas.

Generalmente, se distingue entre obturaciones sin y con contacto en la construcción anexa y en el rodamiento.

Obturaciones sin contacto con la construcción anexa

Con las obturaciones sin contacto únicamente se presenta el rozamiento del lubricante en la ranura de lubricación. Por ello, las obturaciones no se desgastan y funcionan durante un tiempo prolongado. Dado que no generan calor, las obturaciones sin contacto son idóneas para velocidades de giro muy elevadas.

Obturaciones por paso estrecho

Como obturador, un paso estrecho entre el eje y el alojamiento es sencillo pero, en muchos casos, suficiente, *figura 31*.

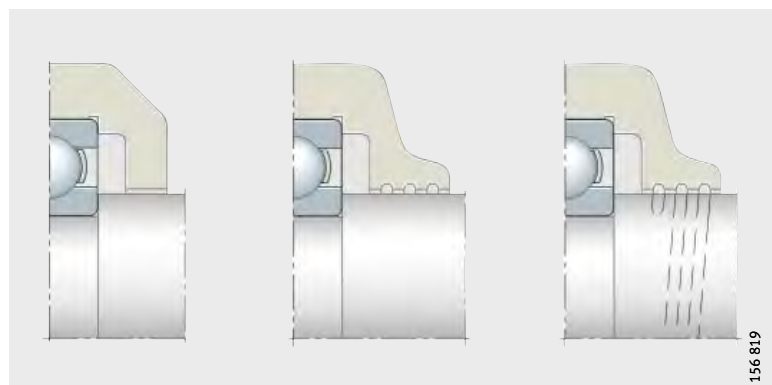


Figura 31
Obturaciones sencillas de paso estrecho

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Obturaciones de laberinto

Un efecto obturador mucho mayor que las obturaciones de paso estrecho tienen los laberintos, cuyos intersticios se rellenan de grasa, *figura 32*.

En ambientes sucios hay que inyectar con más frecuencia grasa desde el interior, en los intersticios obturadores.

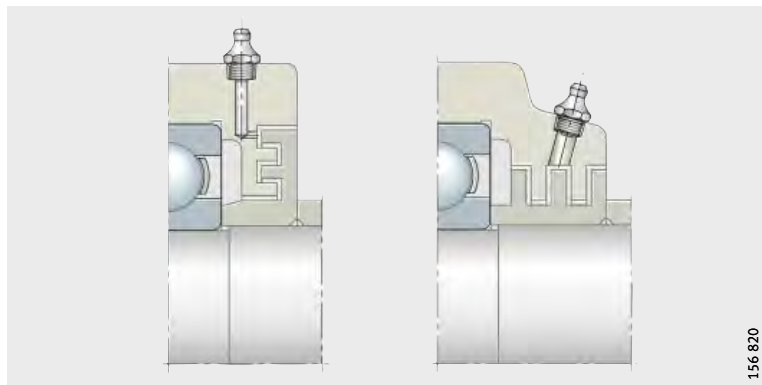


Figura 32
Obturaciones de laberinto

Anillo con aristas deflectoras

Para la lubricación con aceite en un eje horizontal, son adecuados los anillos con aristas deflectoras para evitar la evacuación del aceite, *figura 33*.

La abertura para la salida del aceite en la parte inferior de la obturación, debe ser lo suficientemente grande para que no pueda ser tapada por la suciedad.

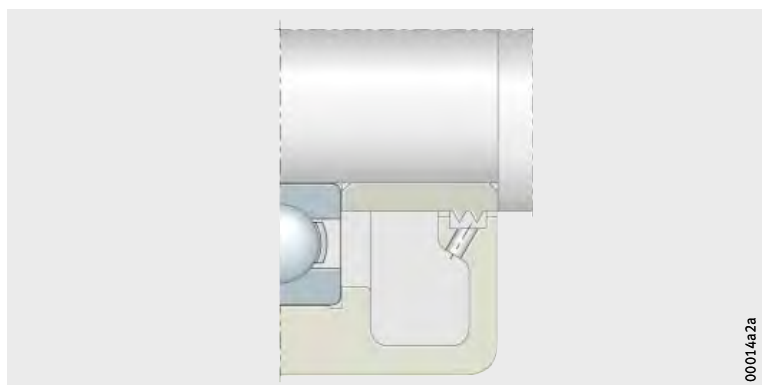


Figura 33
Anillo con aristas deflectoras

Discos proyectores

Los discos proyectores giratorios protegen la ranura de obturación contra el fuerte ensuciamiento, *figura 34*.

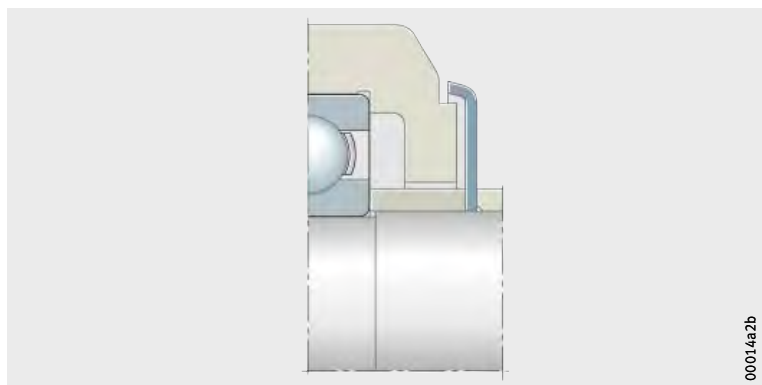


Figura 34
Discos proyectores

Discos de retención

Los discos de retención estacionarios (rígidos) hacen que la grasa lubricante permanezca cerca del rodamiento, *figura 35*.

El collar de grasa que se forma en la ranura de obturación, protege el rodamiento contra la suciedad.

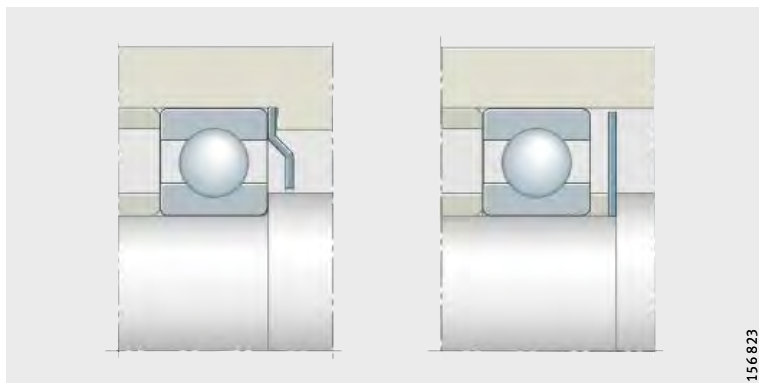


Figura 35
Discos rígidos de retención

Anillos de láminas

Los anillos de láminas de acero, flexibles radialmente hacia fuera o hacia dentro, requieren un reducido espacio de montaje, *figura 36*. Obturan contra la pérdida de grasa y la entrada de polvo y suciedad, y se utilizan también como obturación contra las salpicaduras de agua.

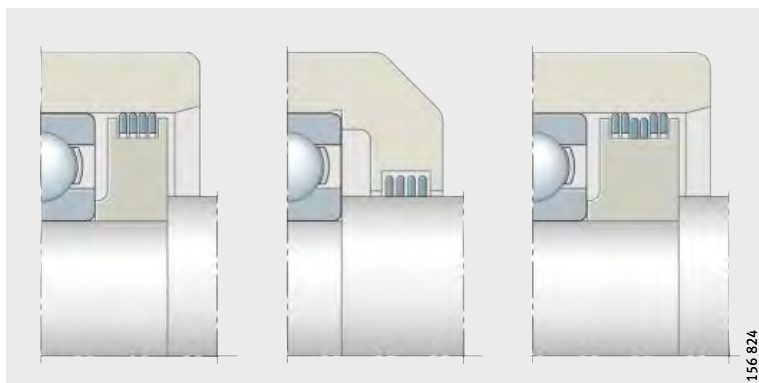


Figura 36
Anillos de láminas

Mecanizado y ejecución de los apoyos

Obturaciones sin contacto en el rodamiento Tapas de protección

Las tapas de protección son elementos obturadores con ahorro de espacio, montados en uno o en ambos lados del rodamiento, *figura 37*.

Los rodamientos con tapas de protección en ambos lados se suministran engrasados.

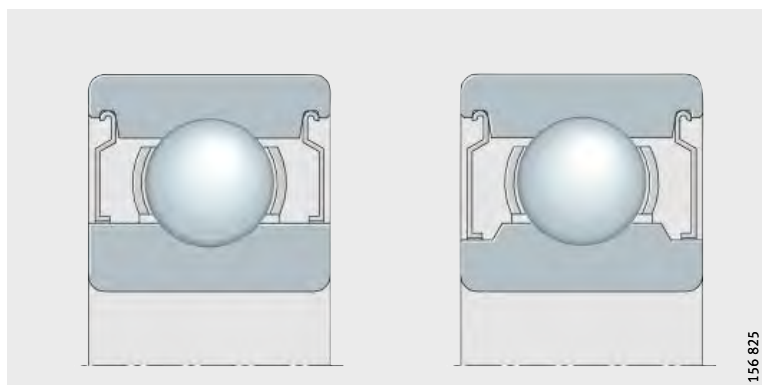


Figura 37
Tapas de protección

Obturaciones BRS

El rozamiento de estas obturaciones es tan bajo como en los rodamientos con tapas de protección. Sin embargo, comparados con estos últimos, tienen la ventaja de que la pestaña circular exterior, de caucho elástico, obtura muy bien en la ranura del anillo exterior. Esto es importante cuando el anillo exterior gira, ya que el aceite base de la grasa sale extraído del espesante por la influencia de la fuerza centrífuga y puede escaparse por el intersticio entre las tapas de protección metálicas y el anillo exterior.

Los rodamientos con obturaciones BRS se suministran únicamente bajo consulta, *figura 38*.

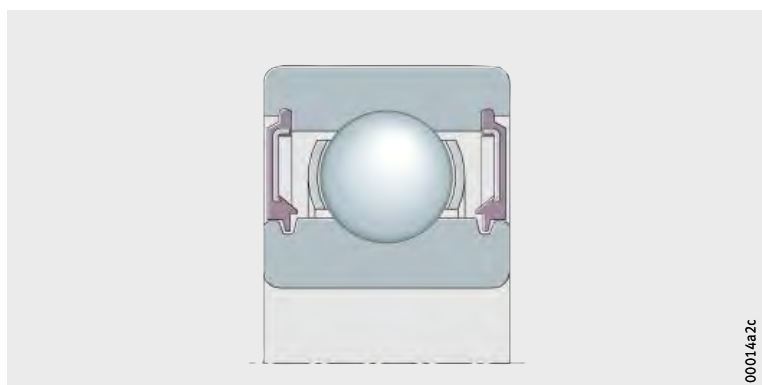


Figura 38
Obturaciones BRS

Obturaciones con contacto con la construcción anexa

Las obturaciones de contacto, con una fuerza de apriete, normalmente radial, están en contacto con la superficie de rodadura. La fuerza de apriete debe ser reducida, para que el momento de rozamiento y la temperatura no aumenten demasiado. Las condiciones de lubricación en la superficie de rodadura, la rugosidad superficial de ésta y la velocidad de deslizamiento también influyen en el momento de rozamiento, en la temperatura y en el desgaste de la obturación.

Para lubricación con grasa

Los anillos y las tiras de fieltro son elementos obturadores sencillos que han dado buenos resultados, especialmente para lubricación con grasa, *figura 39*. Antes del montaje, se impregnan de aceite y obturan muy bien contra el polvo. Bajo condiciones ambientales desfavorables, se pueden disponer dos anillos de fieltro, uno al lado del otro. Los anillos de fieltro y las ranuras circulares para ellos están normalizados según DIN 5 419.

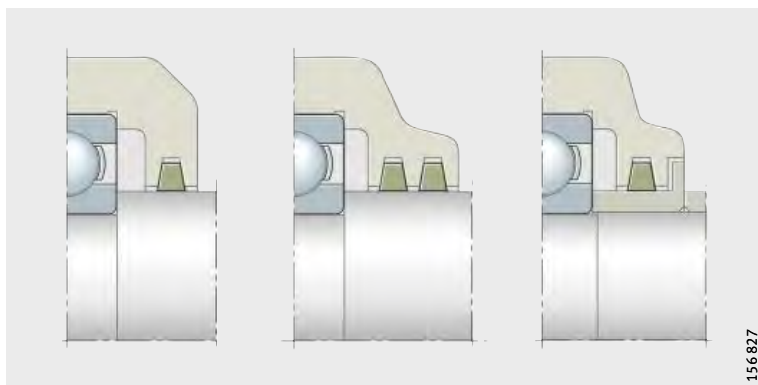


Figura 39
Anillos o tiras de fieltro

Para lubricación con aceite

Para la obturación, en el caso de la lubricación con aceite, se utilizan los anillos de obturación radial para ejes según DIN 3 760 y DIN 3 761, *figura 40*. La obturación, provista de un labio, se aprieta contra la superficie del eje mediante un resorte.

Si, principalmente, se quiere evitar la fuga del lubricante, el labio se dispone en el lado interior de la rodadura. Un anillo obturador con un labio de protección adicional impide también la penetración de la suciedad. En la lubricación con aceite, los labios obturadores fabricados de caucho de nitrilo-butadieno (NBR), son idóneos para velocidades tangenciales en la superficie de fricción de hasta 12 m/s.

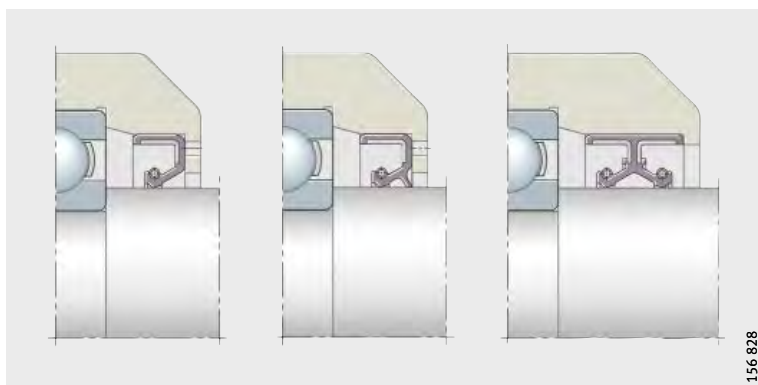


Figura 40
Anillos de obturación radial para ejes

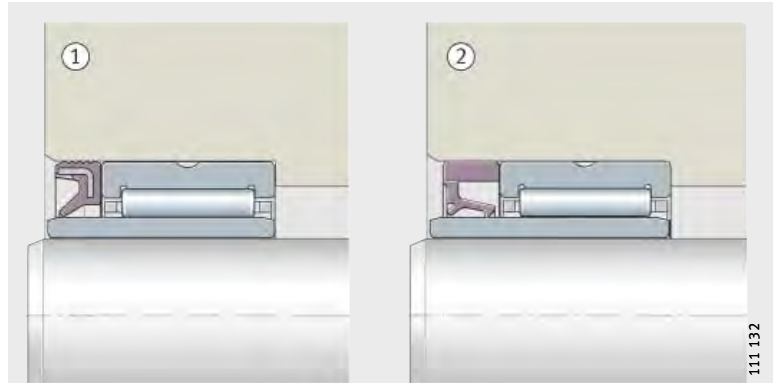
Mecanizado y ejecución de los apoyos

Anillos obturadores INA para rodamientos de agujas

Estos anillos obturadores, de reducido volumen constructivo, están adaptados a las dimensiones de los rodamientos de agujas INA y son adecuados para velocidades tangenciales en la superficie de fricción de hasta 10 m/s, *figura 41*. Como superficie de fricción para estos obturadores se recomiendan los anillos interiores INA.

- ① Anillo obturador G de INA
- ② Anillo obturador SD de INA

Figura 41
Anillos obturadores INA para rodamientos de agujas



Obturación de labio, de efecto axial

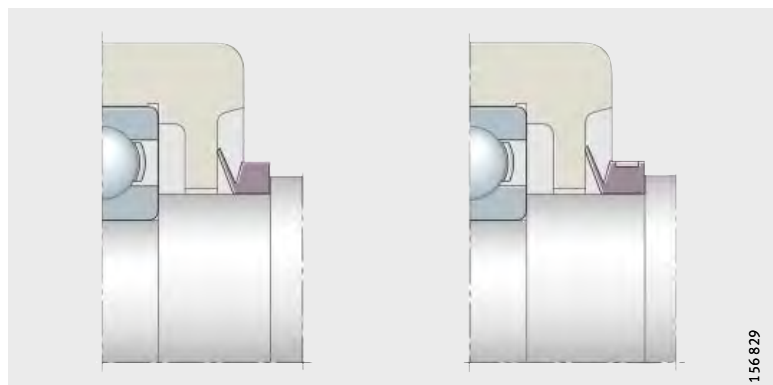
La obturación de labio de efecto axial es un anillo en V, *figura 42*. Durante el montaje, este anillo de goma, de una sola pieza, se monta a presión sobre el eje, de modo que su labio se apoye axialmente en la pared del alojamiento. El labio obturador actúa al mismo tiempo como disco deflector.

Las obturaciones axiales de labio son insensibles frente a las desalineaciones radiales y a ligeras inclinaciones del eje.

Las obturaciones rotativas de anillos en V son idóneas para la lubricación con grasa y para velocidades tangenciales de hasta 12 m/s, y las obturaciones en reposo de anillos en V, hasta 20 m/s. Para velocidades tangenciales superiores a 8 m/s la obturación de anillo en V se debe apoyar axialmente y, a partir de 12 m/s conviene prever un retén radial adicional para el eje.

Las obturaciones de anillos en V se utilizan a menudo como obturaciones antepuestas, para proteger un anillo obturador radial de ejes contra la suciedad.

Figura 42
Anillo en V



Chapas elásticas obturadoras axiales

Para la lubricación con grasa, una obturación efectiva se obtiene también mediante chapas elásticas obturadoras, *figura 43*. Estas chapas, de lámina fina, se fijan en la superficie frontal de los anillos interior o exterior y se apoyan axialmente, con contacto elástico, en el otro anillo del rodamiento.

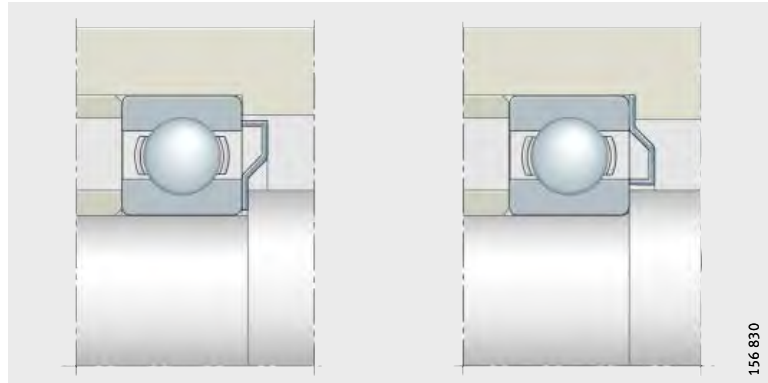


Figura 43
Chapas obturadoras

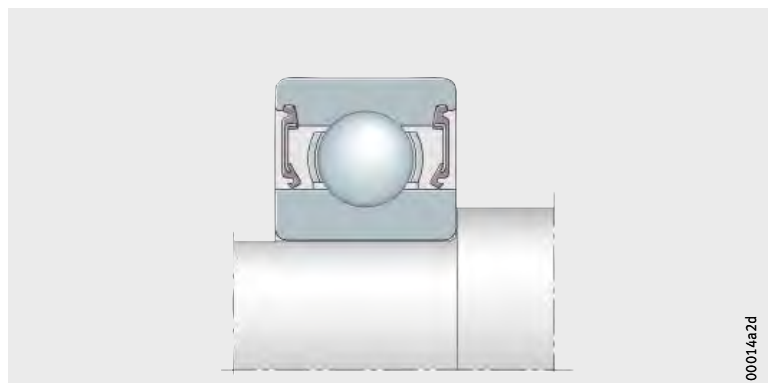
Obturaciones con contacto en el rodamiento

Discos obturadores

Los rodamientos con uno o dos discos obturadores incorporados, permiten construcciones sencillas, *figura 44*. Los discos son adecuados para la obturación contra el polvo, la suciedad, los ambientes húmedos y pequeñas diferencias de presión.

Los discos obturadores se utilizan p.ej. en rodamientos libres de mantenimiento y engrasados.

La ejecución más utilizada de discos obturadores para rodamientos rígidos a bolas es la obturación RSR, de caucho de nitrilo-butadieno (NBR) que está apoyada con una ligera fuerza radial en la superficie cilíndrica rectificada del anillo interior.



Discos obturadores 2RSR

Figura 44
Discos obturadores en ambos lados

Montaje y desmontaje

Manipulación

Los rodamientos, sus componentes y las grasas Arcanol para rodamientos son elementos y productos de alta calidad que requieren una manipulación cuidadosa.

Almacenaje de los rodamientos

La eficacia y el rendimiento de los modernos rodamientos se desplaza hacia la frontera de lo técnicamente posible. No sólo los materiales, sino también las tolerancias de medidas, la precisión de rotación, la calidad superficial y la lubricación han sido optimizadas para su máxima función, de forma que pequeñas variaciones en el área funcional como, por ejemplo, a causa de la corrosión, pueden perjudicar la capacidad de rendimiento. Con objeto de alcanzar la total eficacia y rendimiento de los rodamientos, se debe coordinar adecuadamente la protección contra la corrosión, el embalaje, el almacenaje y la manipulación.

La protección contra la corrosión y el embalaje son parte de los rodamientos y han sido optimizadas de tal manera que se “conserven” simultáneamente todas las propiedades de los productos. Junto a la protección de las superficies contra la corrosión, están el funcionamiento de emergencia de la lubricación, el rozamiento, la tolerancia a los lubricantes, el comportamiento del ruido, la estabilidad al envejecimiento y la tolerancia con los componentes del rodamiento (material de la jaula y de las obturaciones).

Condiciones de almacenaje para rodamientos



La condición básica para ello es un almacén cerrado, sin ninguna influencia de medios agresivos, como gases de escape de vehículos, otros gases, nieblas, aerosoles de ácidos, lejías o sales. Debe evitarse la exposición directa a la luz solar, que puede conducir a una radiación UVA perjudicial y a grandes variaciones de temperatura en el embalaje. La temperatura debe ser constante y la humedad relativa del aire, tan baja como sea posible. Las variaciones de temperatura y una elevada humedad del aire conducen a la formación de agua de condensación.

Deben observarse las siguientes condiciones:

- Almacén libre de heladas, es decir, una temperatura $> +5\text{ °C}$ (evitar la formación de escarcha, hasta 12 horas al día y hasta máximo $+2\text{ °C}$)
- Temperatura máxima $+40\text{ °C}$ (para evitar las pérdidas excesivas de los aceites de protección contra la corrosión)
- Humedad relativa del aire $< 65\%$ (para variaciones máximas de temperatura, hasta 12 horas al día, hasta 70%).

¡La temperatura y la humedad del aire deben ser controladas permanentemente! ¡Esto puede llevarse a cabo mediante datalogger! ¡Las mediciones no deben efectuarse a más de 2 horas entre las mismas!

Se han de seleccionar, al menos 2 puntos de medición: El punto más alto y el más bajo, en la proximidad del muro exterior junto al que pueda ser almacenada la mercancía.

Período de almacenaje de rodamientos

Los rodamientos no deben almacenarse más de 3 años. Esto es válido tanto para los rodamientos abiertos como también para los rodamientos engrasados, con tapas de protección u obturaciones. En especial, los rodamientos engrasados no deben almacenarse demasiado tiempo, ya que las propiedades físicas y químicas de la grasa lubricante pueden modificarse durante el almacenaje. Incluso cuando un rendimiento mínimo se mantiene, pueden reducirse los márgenes de seguridad del lubricante. En general, los rodamientos pueden aún emplearse incluso después de sobrepasar el período admisible de almacenaje, siempre que se hayan respetado las condiciones durante el transporte y el almacenaje. Si estas condiciones no se alcanzan, cabe esperar un período de almacenaje más corto. Si se sobrepasa el período de almacenaje, antes de la utilización de los rodamientos se recomienda efectuar una comprobación de la corrosión del rodamiento, del estado del aceite anticorrosivo y de la grasa lubricante.

Almacenaje de las grasas Arcanol para rodamientos

Las indicaciones para el almacenaje de los rodamientos son también válidas para las grasas Arcanol para rodamientos. La condición para ello es que las grasas se almacenen en los envases originales, cerrados y totalmente llenos.

Período de almacenaje de las grasas Arcanol para rodamientos

Las grasas para rodamientos son una mezcla de aceite, espesantes y aditivos. Algunas mezclas de productos líquidos y sólidos no son estables durante un período ilimitado. Durante el almacenaje, se pueden modificar sus propiedades químicas y físicas y, a causa de ello, deben utilizarse antes. Si se respetan las condiciones de almacenaje, las grasas Arcanol no pierden sus propiedades lubricantes durante 3 años. Lo mismo que para los rodamientos, aquí también es válido que el período admisible de almacenaje no debe entenderse como un límite rígido. Si el almacenaje se ha efectuado según las normas, la mayoría de las grasas pueden emplearse incluso después de 3 años, si se admiten pequeñas modificaciones. En caso de duda y antes de la utilización de una grasa lubricante antigua, se recomienda una comprobación aleatoria de la modificación de sus propiedades físicas y químicas. Por ello, no es posible indicar períodos de almacenaje para envases abiertos. Si se deben almacenar envases abiertos, siempre se debe alisar la superficie de la grasa y cerrar el envase sin aire, de forma que el espacio vacío quede arriba, En cualquier caso, deben evitarse las altas temperaturas.

Montaje y desmontaje

Extracción de los rodamientos

El sudor de las manos provoca corrosión. Mantener las manos limpias y secas y, en su caso, llevar puestos guantes protectores. No extraer el rodamiento de su embalaje original hasta justo antes del montaje. Si se extraen los rodamientos de un embalaje múltiple de varios rodamientos, con conservación en seco, a continuación cerrar inmediatamente de nuevo el embalaje, ya que las superficies a proteger se conservan únicamente dentro del embalaje cerrado. Aceitar o engrasar inmediatamente los rodamientos extraídos.

Compatibilidad, miscibilidad

Los aceites anticorrosivos y los conservantes de rodamientos son compatibles y miscibles con aceites y grasas lubricantes a base de aceite mineral. Se debe comprobar la compatibilidad cuando se utilizan lubricantes sintéticos o bien otros espesantes distintos de los jabones de litio o de complejo de litio. En caso de incompatibilidad, lavar el rodamiento y eliminar el aceite conservante del mismo antes del engrase, especialmente en el caso de lubricantes a base de PTFE/Alcoxilfluoréter y poliureas como espesantes. Limpiar los rodamientos cuando se ensucian o cuando se sustituye el lubricante. En caso de duda, consultar al fabricante del lubricante.

Limpeza de los rodamientos

Para el desengrase y lavado de los rodamientos son adecuados:

- Los detergentes acuosos, neutros, ácidos o alcalinos. Antes de la limpieza, comprobar la compatibilidad de los detergentes alcalinos con las piezas de aluminio
- Los detergentes orgánicos, como el petróleo sin ácidos y sin agua, la gasolina de lavado (no gasolina de automoción), el alcohol, los Dewatering-Fluids, los productos sustitutivos del freón y los detergentes que contengan hidrocarburos clorados.

Para la limpieza utilizar pinceles, cepillos o trapos no deshilachados. Si los rodamientos contienen residuos resinosos de aceite o de grasa, se recomienda una limpieza mecánica previa y un tratamiento con un detergente acuoso altamente alcalino.



¡Tener en cuenta las prescripciones legales en cuanto a la manipulación, a la protección del medio ambiente y a la seguridad en el trabajo!

¡Respetar las normas del fabricante de los detergentes!

¡El petróleo, la gasolina de lavado, el alcohol y los Dewatering-Fluids son inflamables y los medios alcalinos son caústicos! ¡La utilización de hidrocarburos clorados corre el peligro de causar incendios, explosiones y descomposiciones y, además, son nocivos para la salud! ¡Estos peligros, así como las medidas de seguridad adecuadas, se describen detalladamente en la hoja ZH1/425 de la Unión general de Asociaciones para la Prevención y el Seguro de los Accidentes de Trabajo!

¡Después de limpiar o lavar los rodamientos, secarlos inmediatamente y engrasarlos (peligro de corrosión)!

Montaje

Para más información acerca del montaje y el desmontaje, ver las publicaciones WL 80 100/3 SB Montaje de rodamientos y IS 1 Servicios de montaje y mantenimiento para rodamientos.

Para trabajos mayores, se deben incluir unas instrucciones de montaje específicas, con la descripción detallada de todos los trabajos. Asimismo, las instrucciones de montaje contienen detalles respecto al medio de transporte, los dispositivos de montaje, el tipo y la cantidad de lubricante y una descripción detallada del proceso de montaje.

Instrucciones para el montaje



¡Las siguientes instrucciones deben ser imprescindiblemente tenidas en cuenta:

- Eliminar el polvo y la suciedad al máximo posible del puesto de trabajo
- Proteger el rodamiento contra el polvo, la suciedad y la humedad. La suciedad influye en la rodadura y afecta negativamente en la duración de vida de los rodamientos
- Antes de empezar el montaje, familiarizarse con la construcción y el diseño mediante el plano de conjunto
- Comprobar, antes de iniciar el montaje, que el rodamiento a montar coincida con los datos del plano
- Inspeccionar el agujero del alojamiento y el asiento del eje respecto a la precisión de medidas, de forma, de posición y a la limpieza
- Asegurarse de que el eje y el alojamiento presenten un chaflán de entrada de 10° hasta 15°
- Eliminar la protección anticorrosiva en las superficies de asiento y de apoyo y limpiar el agujero cónico del rodamiento
- Aceitar ligeramente las superficies de asiento de los anillos del rodamiento o extender lubricante sólido
- No enfriar los rodamientos. La formación de agua de condensación puede conducir a la corrosión de los rodamientos y de los asientos de los mismos
- Después del montaje, aportar lubricante a los rodamientos
- Realizar una verificación del funcionamiento de la rodadura!

Montaje y desmontaje

Montaje de rodamientos en asientos cilíndricos



¡Evitar los golpes directos con un martillo sobre los anillos del rodamiento!

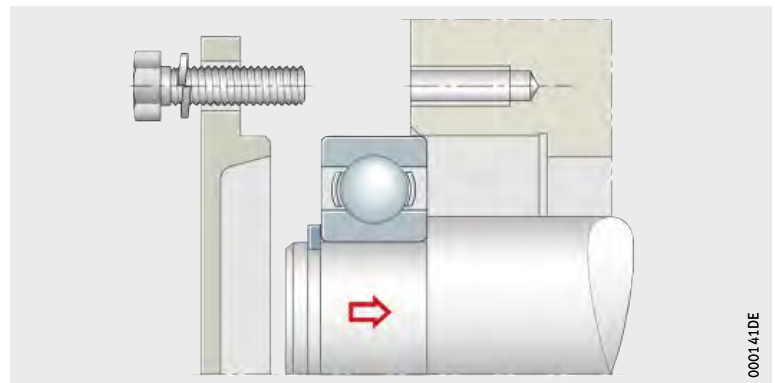
Rodamientos no despiezables

En los rodamientos no despiezables, las fuerzas de montaje se deben aplicar en el anillo con ajuste fijo, que se monta primero, *figura 1*.

Si el anillo interior de un rodamiento no despiezable está previsto para un asiento fijo, montar el rodamiento a presión primero en el eje, *figura 1*. A continuación, deslizar el rodamiento junto con el eje, en el alojamiento (ajuste deslizante).

Asiento fijo del anillo interior, montar este anillo en primer lugar

Figura 1
Rodamiento no despiezable

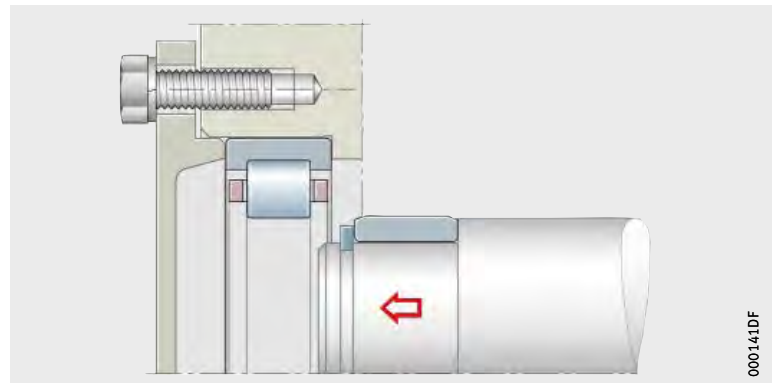


Rodamientos despiezables

En el caso de los rodamientos despiezables, el montaje es más sencillo ya que ambos anillos se pueden montar por separado, *figura 2*. Un giro mediante un destornillador durante el montaje ayuda a evitar la formación de estrías.

Asiento fijo del anillo interior, montaje individual del anillo

Figura 2
Rodamiento despiezable



Montaje en frío de los rodamientos

Los rodamientos hasta $d = 80$ mm pueden ser montados en frío, a presión, en su asiento fijo, *figura 3*. Para ello son adecuadas las prensas mecánicas o hidráulicas.

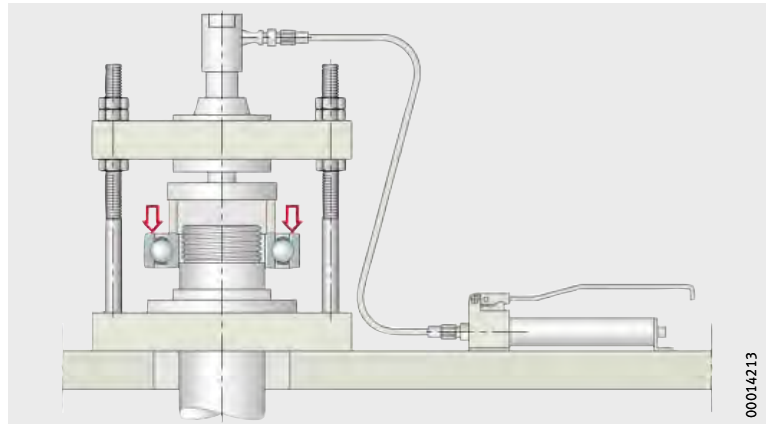
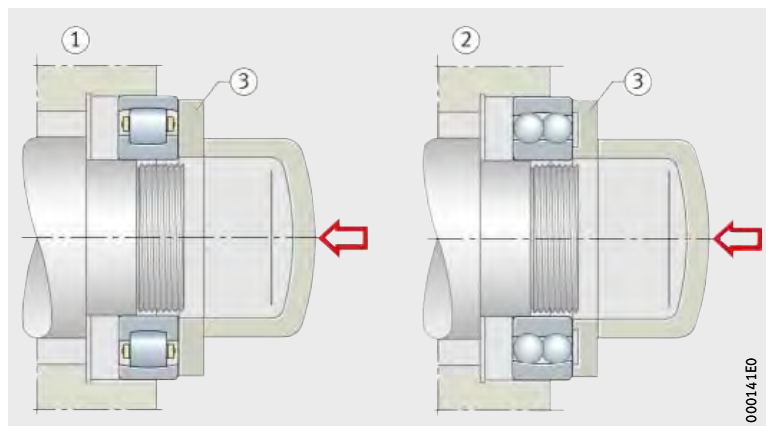


Figura 3
Montaje con prensa hidráulica

Si no hay disponible ninguna prensa, los rodamientos se pueden montar mediante un martillo y un casquillo de montaje.

Para los rodamientos oscilantes, se evita ladear el anillo exterior mediante un disco que se apoya en ambos anillos del rodamiento, *figura 4*. En el caso de los rodamientos con jaulas o con bolas que sobresalgan lateralmente (p.ej. algunos rodamientos oscilantes de bolas), el disco debe tener una acanaladura, *figura 4* ②.



- ① Sin acanaladura, para rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos
- ② Con acanaladura, para algunos rodamientos oscilantes de bolas
- ③ Disco de montaje

Figura 4
Montaje con un disco de montaje

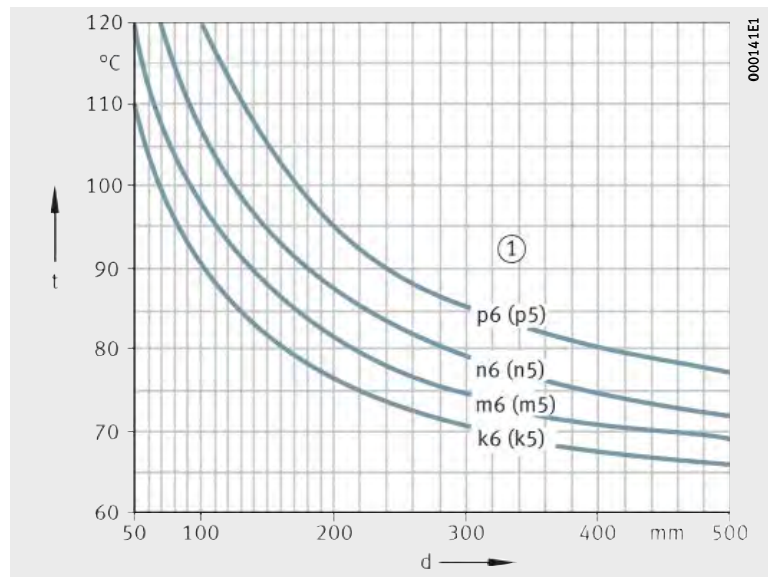
Montaje y desmontaje

Calentar los rodamientos

Cuando esté previsto un apoyo fijo en el eje y el esfuerzo para un montaje mecánico a presión sea demasiado grande, antes del montaje calentar los rodamientos con agujero cilíndrico. La temperatura necesaria para el montaje se muestra en *figura 5*. Las indicaciones son válidas para una interferencia máxima de ajuste, una temperatura ambiente de +20 °C y, por razones de seguridad, una temperatura adicional de 30 K.

① Tolerancia del eje
t = temperatura de calentamiento
d = diámetro del rodamiento

Figura 5
Temperatura de calentamiento



Calentadores por inducción

Los dispositivos de calentamiento por inducción trabajan de forma rápida, segura y limpia. Estos aparatos se utilizan, especialmente, para montajes en serie.

Placa de calentamiento

Los rodamientos individuales pueden ser calentados en una placa eléctrica de calentamiento. Dicha placa trabaja siempre controlada por un termostato.

Estufa

Seguros y limpios son los armarios de aire caliente regulados por un termostato. Son adecuados, especialmente, para rodamientos pequeños y medianos. Los tiempos de calentamiento son relativamente largos.

Baño de aceite

Con excepción de los rodamientos obturados y engrasados, y los rodamientos de precisión, se pueden calentar en un baño de aceite rodamientos de todos los tamaños y tipos constructivos. Es conveniente regular la temperatura mediante un termostato (temperatura +80 °C hasta +100 °C). Para garantizar un calentamiento uniforme, colocar los rodamientos sobre una rejilla o colgarlos en el baño de aceite.



¡Con estos procedimientos, tener en cuenta el peligro de accidentes, el impacto ambiental a causa de los vapores de aceite, la inflamabilidad del aceite caliente y el riesgo de contaminación de los rodamientos!

Montaje de rodamientos con agujero cónico

Los rodamientos con agujero cónico se montan directamente sobre el asiento cónico del eje o mediante un manguito de fijación o de desmontaje sobre un eje cilíndrico, *figura 6* ①, ②, ③.

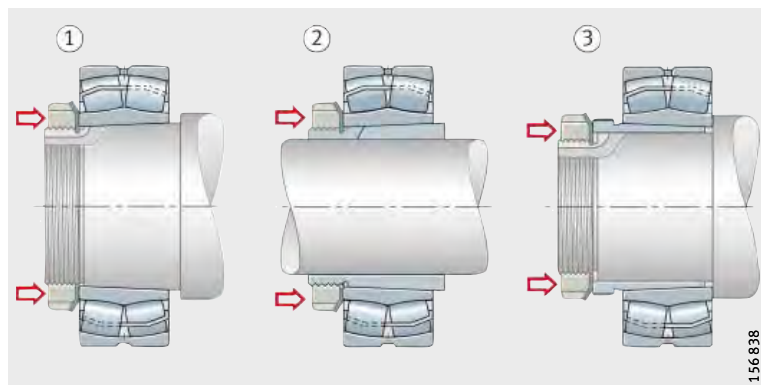
Deslizar los rodamientos pequeños (hasta agujeros de, aprox. $d = 80 \text{ mm}$) mediante una tuerca estriada en la superficie de asiento cónico del eje o del manguito de fijación. El asiento fijo resulta del montaje a presión del anillo interior sobre el eje.

Para apretar la tuerca se utiliza, p.ej. una llave de gancho.

Los manguitos de desmontaje pequeños también se montan a presión mediante una tuerca estriada en el intersticio entre el eje y el agujero del anillo interior.

- ① Montaje con una tuerca estriada
- ② Montaje sobre un manguito de fijación, mediante la tuerca del manguito
- ③ Montaje sobre un manguito de desmontaje, con una tuerca estriada

Figura 6
Montaje de rodamientos con agujero cónico



Reducción del juego radial

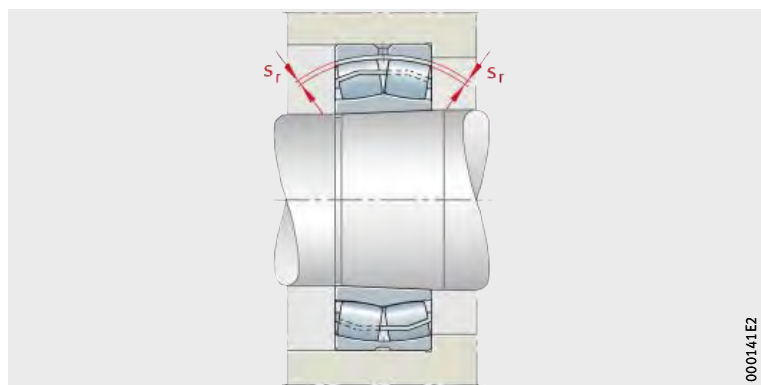
Como medida para el apoyo fijo, controlar la reducción del juego radial por expansión del anillo interior. Para rodamientos oscilantes de rodillos, el juego radial (s_r) debe medirse simultáneamente en ambas hileras de rodillos, *figura 7*. Alternativamente, se debe medir la carrera de desplazamiento axial.

Para los valores de la reducción del juego radial y del desplazamiento axial en el caso de rodamientos oscilantes de rodillos, ver Rodamientos oscilantes de rodillos, página 572.

Como ayuda para la medición del juego radial son adecuadas las galgas de espesores FEELER-GAUGE-100 y FEELER-GAUGE-300.

Rodamiento oscilante de rodillos
 s_r = juego radial

Figura 7
Juego radial



Montaje y desmontaje

Montaje mediante tornillos de presión o herramientas hidráulicas

Para rodamientos medianos ya se requieren considerables fuerzas para apretar la tuerca. En muchos casos, la tuerca estriada con tornillos de presión facilitan el montaje, *figura 8 ①*.

Este procedimiento de montaje, sin embargo, no es adecuado para los rodamientos oscilantes de rodillos de la ejecución E1.

Para el montaje de rodamientos mayores, o para el montaje a presión del manguito, debe utilizarse un dispositivo hidráulico, *figura 8 ②*. Las tuercas hidráulicas están disponibles para todas las roscas de manguitos y de ejes.

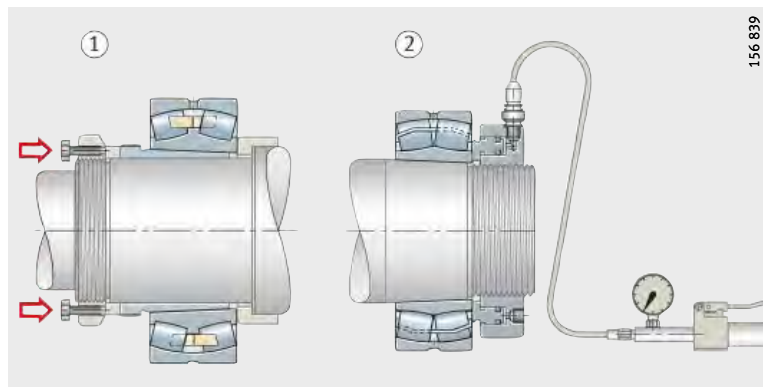
Método hidráulico

Mediante el método hidráulico se facilita notablemente el montaje y, sobre todo, el desmontaje de rodamientos a partir de un agujero de, aprox. $d = 160 \text{ mm}$.

Para el montaje se recomienda un aceite con una viscosidad de $75 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $+20 \text{ °C}$ (viscosidad nominal $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $+40 \text{ °C}$).

- ① Montaje en un manguito de desmontaje con tuerca y tornillos de presión
- ② Montaje en un eje cónico mediante la tuerca hidráulica

Figura 8
Montaje de rodamientos con agujero cónico



Orientaciones para el desmontaje

Para más información acerca del montaje y el desmontaje, ver las publicaciones WL 80 100/3 SB Montaje de rodamientos y IS 1 Servicios de montaje y mantenimiento para rodamientos.

Tener en cuenta las posibles necesidades de desmontaje ya en la fase de proyecto y diseño de los apoyos. Si se han previsto ajustes con interferencia para los anillos del rodamiento, realizar, por ejemplo, ranuras en el eje o en el agujero del alojamiento para poder extraer los anillos del rodamiento.



¡Si se desea volver a utilizar el rodamiento, tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- No utilizar llamas “duras” (soplete)
- Evitar los golpes directos sobre los anillos del rodamiento
- No aplicar nunca las fuerzas de desmontaje a través de los elementos rodantes
- Limpiar el rodamiento una vez desmontado!

Desmontaje de rodamientos montados en asientos cilíndricos

Si los rodamientos se deben volver a utilizar, las herramientas de extracción se deben aplicar en el anillo con ajuste con apriete. En el caso de los rodamientos no despiezables, primero se desmonta el anillo montado con ajuste deslizante y, a continuación, se extrae el anillo montado con ajuste con apriete.

Extracción de rodamientos pequeños

Para extraer rodamientos pequeños son adecuadas las herramientas de desmontaje mecánicas, *figura 9* o las prensas hidráulicas. El montaje resulta más fácil cuando se han previsto ranuras de desmontaje en el eje o en el alojamiento, de modo que la herramienta de extracción se puede aplicar directamente en el anillo con ajuste fijo.

Existen dispositivos especiales cuando fallan las tuercas de desmontaje.

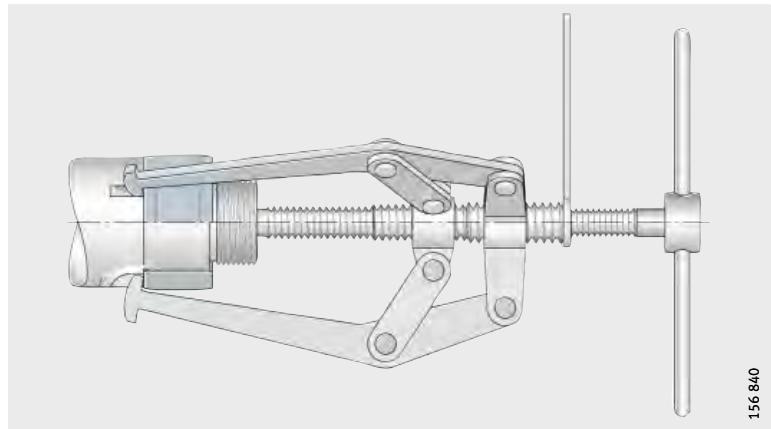


Figura 9
Dispositivo de desmontaje de tres brazos ajustables

Extraer los anillos interiores mediante un aparato inductivo

Los dispositivos de calentamiento por inducción se utilizan, sobre todo, para extraer los anillos interiores de rodamientos de rodillos cilíndricos que han sido montados en caliente, *figura 10*.

El calentamiento se produce rápidamente, de modo que los anillos se desprenden fácilmente, sin que el eje absorba mucho calor.



Figura 10
Dispositivos de calentamiento por inducción

Montaje y desmontaje

Aros calentadores

Los aros calentadores, de metal ligero, con ranuras radiales, se pueden utilizar para el desmontaje de los anillos interiores de rodamientos de rodillos cilíndricos que no tienen bordes o solamente tienen un borde fijo, *figura 11*. Los aros se calientan sobre una placa eléctrica a +200 °C hasta +300 °C se colocan sobre el anillo interior a desmontar y se aprietan mediante los mangos. Al aflojarse la presión de ajuste en el eje, ambos anillos se retiran simultáneamente.



¡Para que el anillo del rodamiento no se caliente excesivamente, se debe retirar del aro calentador inmediatamente después de haber sido extraído!

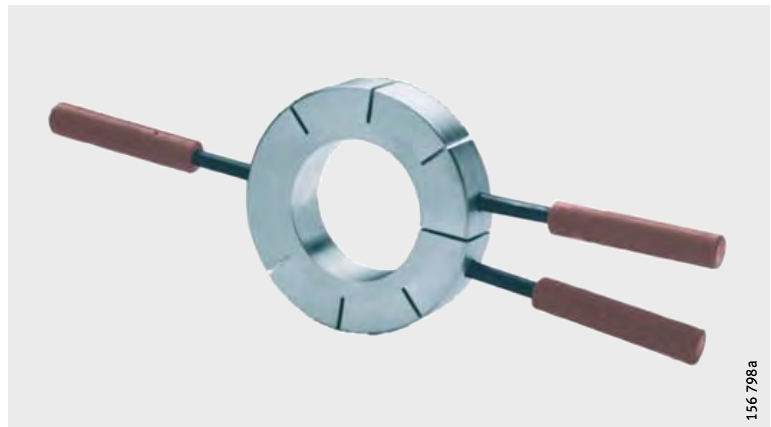


Figura 11
Aros calentadores

Desmontaje de rodamientos con agujero cónico Desmontaje mecánico

Cuando los rodamientos están montados directamente en un asiento cónico del eje o en un manguito de fijación, se afloja primero el apriete de la tuerca del eje o del manguito de fijación. A continuación, se afloja la tuerca a la distancia suficiente para aguantar el desbloqueo. Después, extraer el anillo interior del manguito o del eje mediante, por ejemplo, un punzón metálico o una pieza de extracción, *figura 12* ①, ②. Una pieza de extracción evita el riesgo de deslizamiento.

Los rodamientos fijados mediante manguitos de desmontaje, se desmontan con ayuda de una tuerca de extracción, *figura 12* ③.

- ① Punzón metálico
- ② Pieza de extracción
- ③ Tuerca de extracción

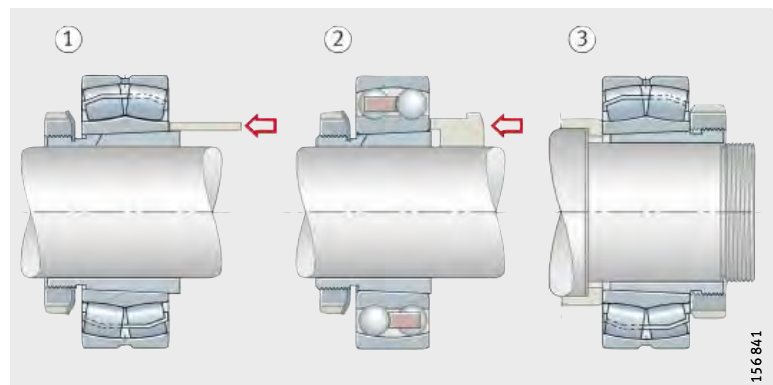


Figura 12
Desmontaje de un rodamiento

Para grandes rodamientos, fijados mediante un manguito de desmontaje, se requieren elevadas fuerzas. En este caso, se pueden utilizar tuercas estriadas con tornillos de presión adicionales, *figura 13* ①. Entre el anillo interior y los tornillos de presión hay que colocar un disco.

Desmontaje hidráulico

El desmontaje de manguitos de desmontaje es más sencillo y más económico con tuercas hidráulicas, *figura 13* ②. En este caso, el manguito de desmontaje, al salir, se apoya en un anillo de pared gruesa.

Para facilitar el desmontaje de grandes rodamientos, se utiliza el método hidráulico, *figura 13* ③ y *figura 14*. El aceite se inyecta entre las superficies de ajuste. De esta manera, las piezas de ajuste se pueden desplazar entre sí con poco esfuerzo, sin peligro de dañar las superficies de contacto.

Los ejes cónicos deben estar provistos de ranuras para el aceite y de los agujeros de alimentación correspondientes. Para la generación de presión son suficientes inyectores de aceite. La disposición de los canales de aceite para el método hidráulico en el desmontaje de un rodamiento oscilante de rodillos ajustado en el asiento cónico de un eje se muestra en *figura 14*.



¡El manguito de desmontaje se suelta bruscamente!
¡Dejar la tuerca en el eje!

¡Los grandes manguitos de fijación y de desmontaje ya disponen de las ranuras y de los agujeros correspondientes!

¡La presión de aceite necesaria se debe generar mediante una bomba!

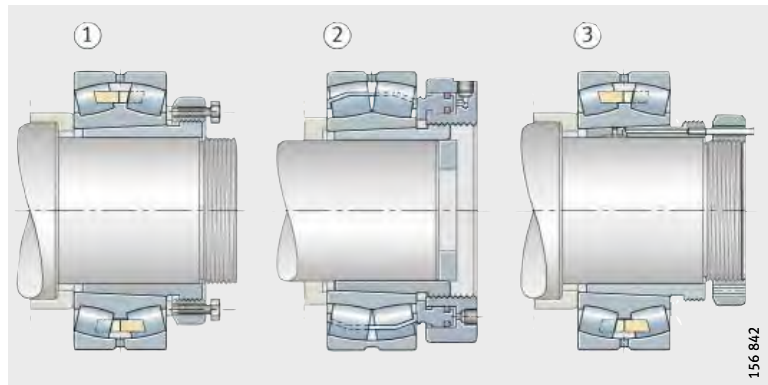
Desmontaje de un manguito de desmontaje:

- ① Con tuerca y tornillos
- ② Con tuerca hidráulica

Desmontaje de un rodamiento de rodillos oscilantes del manguito de desmontaje:

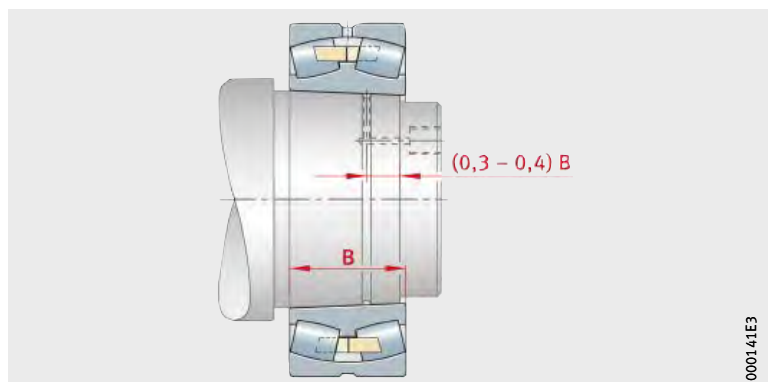
- ③ Mediante el método hidráulico

Figura 13
Desmontaje de un manguito de desmontaje



B = anchura del rodamiento

Figura 14
Canales de aceite para el desmontaje de un rodamiento oscilante de rodillos



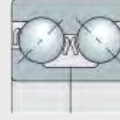
Montaje y desmontaje

Aceite adecuados Para el montaje se recomienda aceite con una viscosidad de $150 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ (viscosidad nominal $46 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $+40 \text{ }^\circ\text{C}$). La oxidación de ajuste se puede disolver mediante aditivos anticorrosión en el aceite.

Eliminación de los rodamientos desmontados Si el rodamiento no se va a volver a utilizar después del desmontaje, hay que despiezarlo. Eliminar la grasa, las obturaciones y las piezas de plástico de acuerdo con las normas vigentes para residuos. Los anillos del rodamiento y los elementos rodantes se deben enviar a la sección de aprovechamiento de materiales (reciclaje).



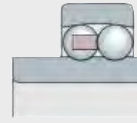
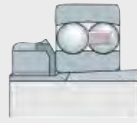
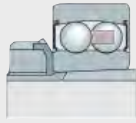
191 545



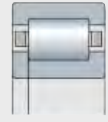
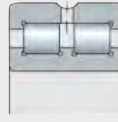
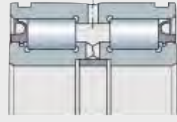
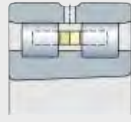
191 547



191 549



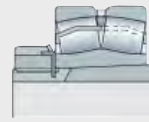
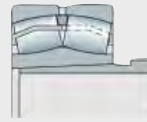
191 551



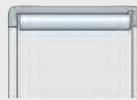
0001.4a12



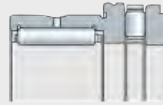
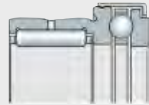
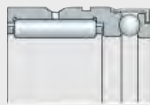
00013A00



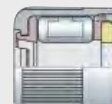
191 560



191 565



191 567



191 571