
Introducción

El mundo industrial es testigo de un incremento en la demanda por maquinarias y equipos altamente sofisticados en todos los campos. En este contexto, de los rodamientos en general, se espera que incorporen características de alta tecnología para lograr ser más compactos, de peso ligero, con alta durabilidad, funciones mejoradas, y gran confiabilidad en diversas y excepcionales condiciones de operación.

Se ha publicado esta nueva edición de "RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS (Tamaños Populares) luego de revisar los estándares de las normas JIS e ISO y confiamos que será de mucha utilidad en sus consultas y selección de rodamientos para las distintas aplicaciones que se presenten.

Al igual que la primera edición, este catálogo se ha elaborado para mostrar los rodamientos de bolas y rodillos más populares empleados en diversas aplicaciones y de los cuales se suele tener existencia en nuestros almacenes. Además incluye los soportes con rodamientos de bolas (chumaceras), tuercas y arandelas de fijación.

Esta nueva edición comprende más aspectos técnicos de importancia, pero a pesar de todo, la información técnica es limitada, por lo que cuando se requiera información más detallada para el diseño de una nueva aplicación, se recomienda se utilice como referencia el catálogo general CAT. N° B2001E o consultar al servicio de ingeniería más próximo a Ud.

Estamos muy agradecidos por su invaluable patrocinio de nuestros productos y esperamos poder seguir sirviéndolos en futuro próximo.

El contenido de este catálogo está sujeto a cambios sin previo aviso

COPYRIGHT JTEKT 2008

3era. edición en español, 2008
Panamá.

El contenido de este catálogo es propiedad de JTEKT Corp. y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización.

A pesar de los cuidados tomados en la elaboración del catálogo no se acepta ninguna responsabilidad por los errores u omisiones que pudiera presentar.

RED GLOBAL DE LA CORPORACIÓN JTEKT OPERACIONES Y PRODUCCIÓN DE RODAMIENTOS

JTEKT CORPORATION NAGOYA HEAD OFFICE
N° 7-1, Meieki 4-chome, Nakamura-ku, Nagoya. Aichi 450-8515,
JAPAN
TEL.: 81-52-527-1900 FAX: 81-52-527-1911

JTEKT CORPORATION OSAKA HEAD OFFICE
N° 5-8, Miramisamba 3-chome, Chuo-ku, Osaka 542-8502
JAPAN
TEL.: 81-6-8271-3451 FAX: 81-6-8245-7892

Sales & Marketing Headquarters
N° 5-8, Miramisamba 3-chome, Chuo-ku, Osaka 542-8502,
JAPAN
TEL.: 81-6-8245-6087 FAX: 81-6-8244-8087

OFFICES

KOYO CANADA INC.
5324 South Service Road, Burlington, Ontario L7L 5H5, CANADA
TEL.: 1-905-681-1121 FAX: 1-905-681-1392

KOYO CORPORATION OF U.S.A.
-Cleveland Office-
29570 Clemens Road, P.O. Box 45028 Westlake, OH 44145, U.S.A.
TEL.: 1-440-835-1000 FAX: 1-440-835-9947

-Detroit Office-
47771 Hilliard Drive, Plymouth, MI 48170, U.S.A.
TEL.: 1-734-454-1600 FAX: 1-734-454-4076

KOYO MEXICANA, S.A. DE C.V.
Rio Nazas N° 171, 3er piso, Col. Cuauhtemoc, México, D.F. C.P.
06500, MEXICO
TEL.: 52 (55) 5207-3860 FAX: 52 (55) 5207-3873

KOYO LATIN AMERICA, S.A.
Edificio Banco del Pacifico Planta Baja, Calle Aquilino de la Guardia
y Calle 52, Panamá, REPÚBLICA DE PANAMÁ
TEL.: 507-208-5980 FAX: 507-264-2782/507-269-7578

KOYO ROLAMENTOS DO BRASIL LTDA.
Rua Desembargador Eliseu Githerrne 304, 7-A andar,
Paraiso CEP 04004-30, BRASIL
TEL.: 55-11-3887-8173 FAX: 55-11-3887-9030

JTEKT (THAILAND) Co., LTD.
172/1 Moo 12 Tambol Bangwua, Amphur Bangpakong,
Chaechoengsao 24180, THAILAND
TEL.: 66-38-533-310-7 FAX: 66-38-532-776

KOYO SINGAPORE BEARING (PTE.) LTD.
#05-01, C&P Logistics Hub, 27, Penjuru Lane, SINGAPORE, 009195
TEL.: 65-6274-2200 FAX: 65-6882-1623

-India Branch-
1104, GD-JTL Tower, B-06, METAJI SUBHASH PLACE, PITAM
PURA, DELHI 110034 INDIA
TEL.: 91-11-2735-3502~04 FAX: 91-11-2745-3501
91-11-5537-4803~04

PHILIPPINE KOYO BEARING CORPORATION
Rm. 504, Comforts Bldg., Cor. Gil Payal Ave. and
Pasong Tama, Makati City, PHILIPPINES
TEL.: 63-2-817-8907/8881 FAX: 63-2-897-3148

JTEKT KOREA CO., LTD.
Inwoo Building 6F, 539-11, Shinas-Dong,
Kangnam-Ku, Seoul, KOREA
TEL.: 82-2-549-7922 FAX: 82-2-549-7923

JTEKT (CHINA) CO., LTD.
Rm. 1905, Aethra Tower, 107 Zunyi Road, Shanghai, 200051,
CHINA
TEL.: 86-21-6237-5280 FAX: 86-21-6237-5277

KOYO (SHANGHAI) CO., LTD.
Rm. 1905, Aethra Tower, 107 Zunyi Road, Shanghai, 200051,
CHINA
TEL.: 86-21-6237-5280 FAX: 86-21-6237-5277

KOYO AUSTRALIA PTY. LTD.
Unit 7, 175-179 James Ruse Drive, Rosehill, N.S.W. 2142,
AUSTRALIA
TEL.: 61-2-9638-2355 FAX: 61-2-9638-3388

JTEKT CORPORATION EUROPEAN BEARING CENTRAL OFFICE
Markenkat 13-01, 1314 AN-Almere, THE NETHERLANDS
TEL.: 31-36-5383333 FAX: 31-36-5347212

KOYO KULLAGER SCANDINAVIA A.B.
Johanneslundsvägen 4, 194 61 Upplänas Vasby, SWEDEN
TEL.: 46-8-594-212-10 FAX: 46-8-594-212-29

KOYO (U.K.) LTD
Whitehall Avenue, Kingston, Milton Keynes MK10 0AX,
UNITED KINGDOM
TEL.: 44-1908-288300 FAX: 44-1908-289333

EUROPA-KOYO B.V.
Lekijk 187, 2967 GJ Langrak, THE NETHERLANDS
TEL.: 31-184-406800 FAX: 31-184-610572/606857

KOYO ROMANIA REPRESENTATIVE OFFICE
St. Frederic Joliot-Curie, Nr.3, Elibi T. Ap.2, Sector 5
Bucharest, ROMANIA
TEL.: 40-21-410-4170 / 4182 / 0984 FAX: 40-21-410-1178

KOYO DEUTSCHKAND GmbH.
Bangkoppelweg 4, D-22145 Hamburg, GERMANY
TEL.: 49-40-67-8050-0 FAX: 49-40-67-8203-0

KOYO FRANCE S.A.
8 Rue Guy Moquet, B.P. 189 Z.L. 95105 Argenteuil Cedex, FRANCE
TEL.: 33-1-3998-4202 FAX: 33-1-3998-4244 / 4249

KOYO IBERICA, S.L.
Avda. de la Industria, 52-2 Izda 28820 Coslada Madrid, SPAIN
TEL.: 34-91-329-0818 FAX: 34-91-747-1794

KOYO ITALIA S.R.L.
Via Bronzino 9, 20133 Milano, ITALY
TEL.: 39-02-2951-0844 FAX: 39-02-2951-0954

BEARING PLANTS

-Orangeburg Plant-
2850 Magnolia Street, Orangeburg, SC 29016, U.S.A.
TEL.: 1-803-536-8200 FAX: 1-803-534-0599

-Richland Plant-
1006 Northport Blvd, Blythewood, SC 29016, U.S.A.
TEL.: 1-803-691-4624 / 4633 FAX: 1-803-691-4655

KOYO MANUFACTURING (THAILAND) CO., LTD.
172 Moo 12 Tambol Bangwua, Amphur Bangpakong,
Chaechoengsao 24180, THAILAND
TEL.: 66-38-531-9868-993 FAX: 66-38-531-996

KOYO MANUFACTURING (PHILIPPINES) CORP.
Lima Technology Center, Municipality of Malvar, Batangas
Province, 4233 PHILIPPINES
TEL.: 63-43-591-0088 FAX: 63-43-591-0001

KOYO JICO KOREA CO., LTD
28-12, Yulpo-Ri, Koduc-Myan, Pyung Teak-City, Kyungki-Do, KOREA
TEL.: 82-31-668-6381 FAX: 82-31-668-6384

KOYO BEARING DALIAN CO., LTD.
N° II A-2 Dalian Export Processing Zone, 116600, CHINA
TEL.: 86-411-8731-0972/0974 FAX: 86-411-8731-0973

WUXI KOYO BEARING CO., LTD.
Wuxi Li Yuan Economic Development Zone, Wuxi, 214072, CHINA
TEL.: 86-510-57619101 FAX: 86-510-5761143

DALIAN KOYO WAZHOU AUTOMOBILE BEARING CO., LTD.
N° 86, Lixihe East Road, D.D. Port, Dalian, 116620, CHINA
TEL.: 86-411-740-7272 FAX: 86-411-740-7373

KOYO LIOHO (FOSHAN) AUTOMOTIVE PARTS CO., LTD.
N° 12, Wusha Section of Shupan Road, Daliang Town, Shunde
of Foshan, Guangdong, Province, CHINA
(SHUNDE INDUSTRIAL PARK)
TEL.: 86-757-22829589 FAX: 86-757-22829586

KOYO AUTOMOTIVE PARTS (WUXI) CO., LTD.
86-A New District, Wuxi, 214028, CHINA
TEL.: 86-510-8533-9909 FAX: 86-510-8533-0135

KOYO BEARINGS (EUROPE) LTD.
P.O. Box 101, Embrose Lane, Dodsworth, Barnsley, South Yorkshire,
S75 3TA, UNITED KINGDOM
TEL.: 44-1226-733200 FAX: 44-1226-204029

KOYO ROMANIA S.A.
1, Tr. Maguralei Street, 140003 Alexandria, ROMANIA
TEL.: 40-24-731-2605 FAX: 40-24-731-8682

TECHNICAL CENTERS

JTEKT CORPORATION NORTH AMERICAN TECHNICAL CENTER
47771 Hilliard Drive, Plymouth, MI 48170, U.S.A.
TEL.: 1-734-454-1590 FAX: 1-734-454-4076

JTEKT CORPORATION (CHINA) TECHNICAL CENTER
Rm.1905, Aethra Tower, 107 Zunyi Road, Shanghai, 200051, CHINA
TEL.: 86-21-6237-5280 FAX: 86-21-6237-5277

JTEKT CORPORATION EUROPEAN TECHNICAL CENTER
Markenkat 13-02, 1314 AN Almere, THE NETHERLANDS
TEL.: 31-36-53833950 FAX: 31-36-5302656

INDICE

A. Sección técnica

Contenido

1. Estructura y clasificación de los rodamientos	A1
2. Esquema para selección de los rodamientos	A3
3. Disposición de los rodamientos	A4
4. Selección del tamaño del rodamiento	A6
5. Dimensiones principales y numeración de los rodamientos.....	A12
6. Tolerancia / Precisión de los rodamientos	A16
7. Velocidad límite	A18
8. Ajustes de los rodamientos	A19
9. Juego interno de los rodamientos	A26
10. Precarga de los rodamientos	A35
11. Lubricación de los rodamientos.....	A37
12. Materiales de los rodamientos.....	A47
13. Diseño del eje y alojamiento (caja).....	A50
14. Manejo de los rodamientos	A53
15. Montaje y desmontaje	A57

B. Tablas de especificaciones

Contenido

Rodamientos rígidos de bolas	<i>d</i> 3~200mm.....	B2
Rodamientos de bolas con contacto angular	<i>d</i> 10~200mm.....	B16
Rodamientos de bolas autoalineables	<i>d</i> 10~100mm.....	B34
Rodamientos de rodillos cilíndricos	<i>d</i> 20~200mm.....	B42
Rodamientos de rodillos cónicos	<i>d</i> 15~200mm.....	B50
Rodamientos de rodillos esféricos	<i>d</i> 25~300mm.....	B70
Rodamientos axiales de bolas	<i>d</i> 10~200mm.....	B88
Rodamientos axiales de rodillos esféricos	<i>d</i> 60~300mm.....	B94
Chumaceras (Unidades con rodamientos de bolas)	<i>d</i> 10~140mm.....	B98
Tuercas y arandelas espaciadoras/separadoras.....		B132

C. Información adicional

Información de productos Koyo	C1
Tablas suplementarias	C6

1- Estructura y clasificación de los rodamientos

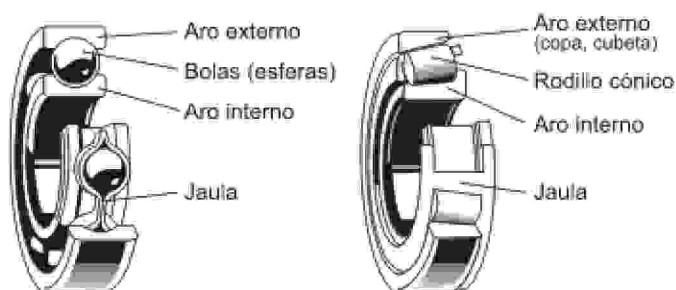
1-1 Estructura

Los cojinetes antifricción (de ahora en adelante rodamientos) normalmente se componen de: anillos del rodamiento, elementos rodantes y jaula (ver fig. 1-1).

Los elementos rodantes están dispuestos entre el anillo interior y una jaula, la cual mantiene a los elementos rodantes en una correcta posición, por lo que éstos no harán contacto entre sí.

Con esta estructura, un movimiento de rotación suave se efectuará durante su funcionamiento.

Los rodamientos se clasifican como sigue. Según el número de hileras de los elementos rodantes: una hilera, doble hilera o multihilera (triple o cuádruple hileras).



Rodamiento de bolas

Rodamiento de rodillos cónicos



Rodamiento axial de bolas

Nota: En los rodamientos axiales, el anillo interior y exterior también se denominan, arandela de eje, arandela de alojamiento, respectivamente, y para rodamientos de rodillos cónicos sus respectivos nombres son cono y taza.

Fig. 1-1 Estructura típica de los rodamientos

a) Anillos del rodamiento

Al camino por el que giran los elementos rodantes se le llama pista, y la sección de los anillos del rodamiento donde ruedan estos elementos rodantes se conoce como pista de rodadura. En el caso de los rodamientos rígidos de bolas de una hilera, también se le ha denominado como pista ranurada, debido al acondicionamiento especial en forma de ranura que reciben para el mejor deslizamiento de las bolas.

El anillo interior normalmente es montado sobre un eje, y el anillo exterior en un alojamiento.

b) Elementos rodantes

Los elementos rodantes pueden ser bolas y rodillos. Diversos tipos de rodamientos con varios tipos de formas de rodillos están disponibles; los más comunes son:

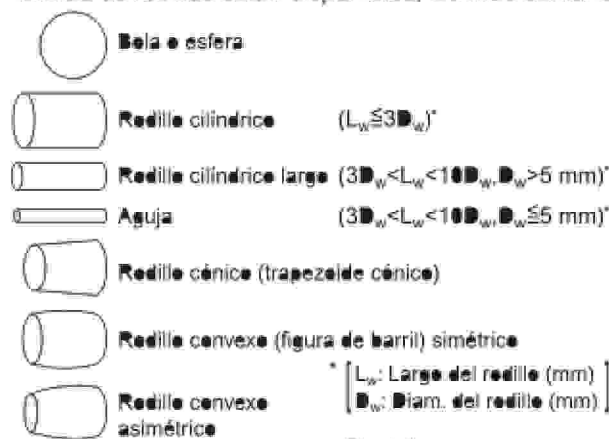


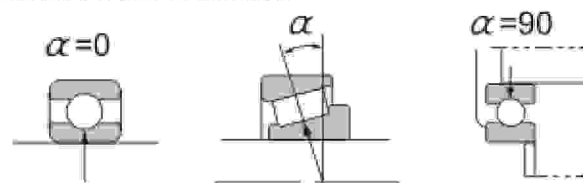
Fig. 1-2

c) Jaula

La jaula guía a los elementos rodantes a lo largo del anillo del rodamiento, manteniéndolos en una posición relativamente correcta. Existen diversos tipos de jaulas, incluyendo las prensadas, maquinadas, mecanizadas, moldeadas y jaulas de pasador o aguja. Debido a una menor resistencia a la fricción que la encontrada entre los rodamientos de rodillos y bolas completamente llenos, los rodamientos con jaula son los más apropiados para utilizarse a altas velocidades de rotación.

1-2 Tipos

Definiremos el ángulo de contacto (α) como el ángulo formado por la dirección de la carga aplicada sobre el rodamiento y un plano perpendicular al eje sobre el que va montado el rodamiento.



De acuerdo con el ángulo de contacto (α), los rodamientos se clasifican en dos tipos:

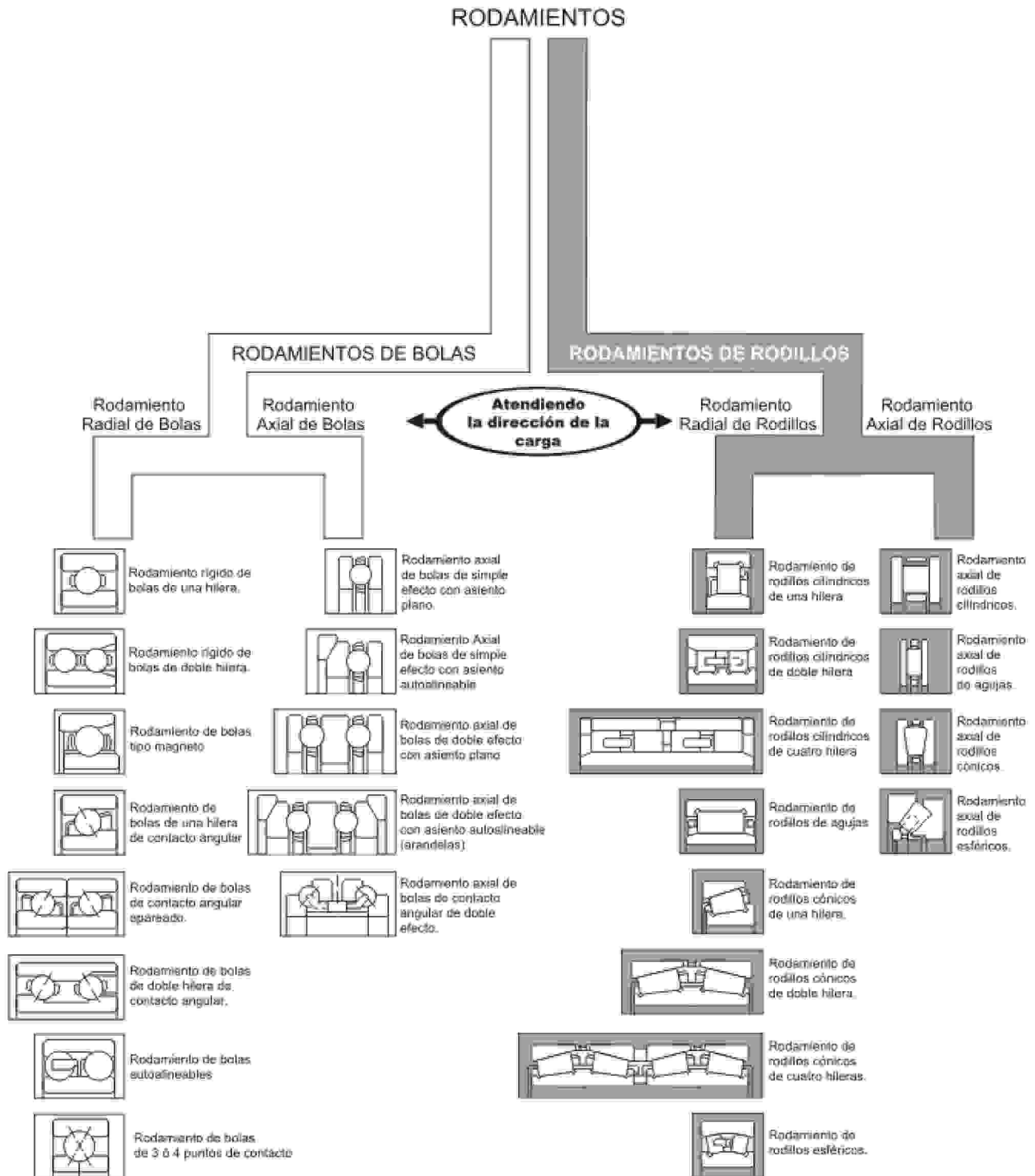
- Rodamientos radiales ($0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$)
... diseñados principalmente para soportar cargas radiales.
- Rodamientos axiales ($45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$)
... diseñados principalmente para soportar cargas axiales.

Los elementos rodantes se clasifican en la Fig. 1-2 y las características de cada tipo de rodamiento están en el texto que precede a las tablas del rodamiento en cuestión (ver sección B)

Estructura y clasificación de los rodamientos

1-3 CLASIFICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS

ATENDIENDO A LA FORMA GEOMÉTRICA DEL ELEMENTO RODANTE (BOLAS O RODILLOS)



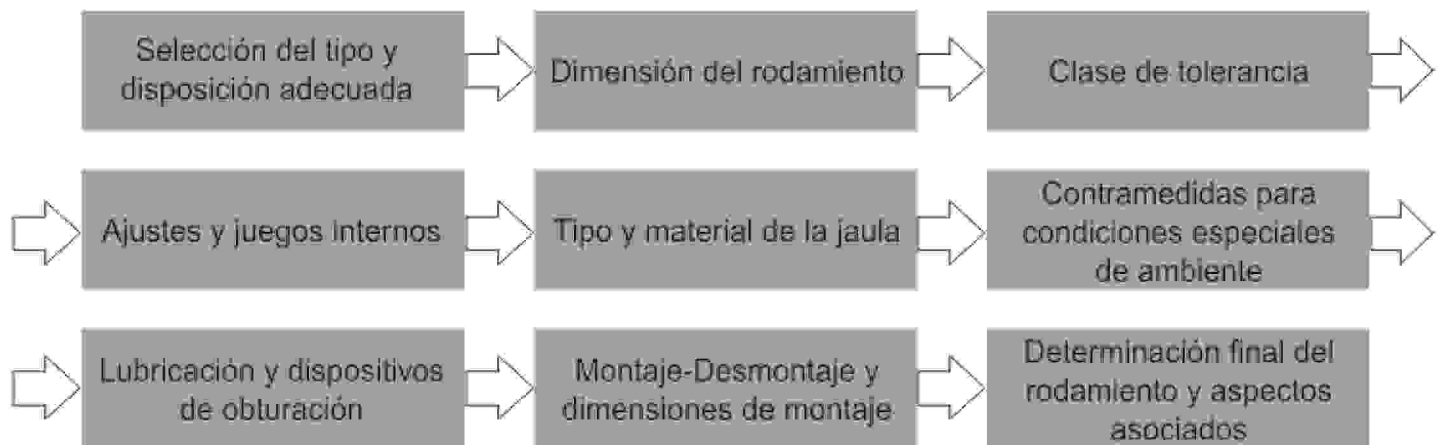
2- Esquema para selección de los rodamientos

Actualmente como el diseño de rodamientos se ha diversificado, los campos de aplicaciones están incrementándose. Para poder seleccionar el rodamiento más adecuado para una aplicación específica se hace necesario estudiar sobre la ubicación de los rodamientos, sobre el equipo donde estos rodamientos serán instalados, incluyendo condiciones de funcionamiento, sobre el rendimiento requerido a los rodamientos, las especificaciones de otros componentes que serán instalados en conjunto, etc.

En la selección de los rodamientos, desde que el diámetro del eje se determina de antemano, el probable rodamiento a usarse se selecciona en base al espacio disponible, disposición pretendida y de acuerdo al diámetro del eje requerido. Luego, de las especificaciones del rodamiento se determina la vida de servicio requerida comparada con la del equipo donde se usarán, junto con el cálculo de la vida de servicio real por las cargas actuales.

Las especificaciones internas incluyen precisión del rodamientos, juegos internos, la jaula y la lubricación son también definidas dependiendo de la aplicación.

Como referencia, el procedimiento general de selección y las condiciones de funcionamiento se describen en la figura abajo (fig. 2). No es necesario seguir un orden específico, desde que el objetivo es seleccionar el rodamiento adecuado y alcanzar el mejor rendimiento posible.



2-1 Selección del tipo de rodamiento

En la selección del rodamiento, lo más importante es lograr entender completamente las condiciones de operación donde funcionará el rodamiento.

Los principales factores que deben considerarse son los siguientes:

- Espacio disponible para la instalación
- Velocidad de rotación (rpm)
- Rigidez
- Cargas actuantes (tipos, direcciones)
- Precisión de giro
- Desalineación (capacidad de alineación)

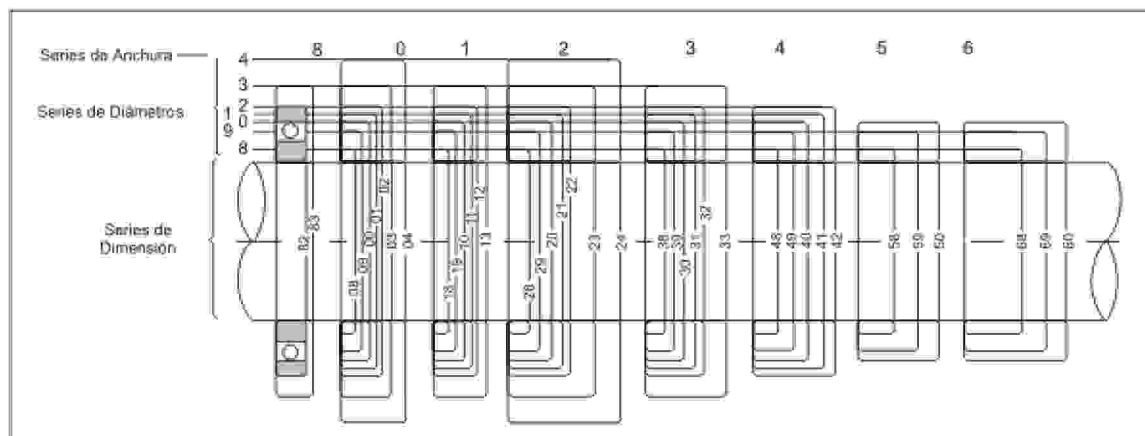


Fig. 2 Serie de dimensiones para rodamientos radiales

3- Selección de la disposición de los rodamientos

Como las condiciones de trabajo del rodamiento varían dependiendo de los dispositivos o elementos donde están montados, se esperan diferentes rendimientos de los rodamientos. Normalmente se usan dos o más rodamientos para soportar un eje. En muchos casos, para fijar la posición del eje en la dirección axial, un rodamiento es montado en el lado fijo primero, mientras que el(los) otro(s) va(n) montado(s) en el(los) lado(s) libre(s).


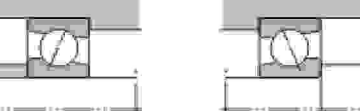




El rodamiento libre está destinado a absorber la acumulación de tolerancia axial, así como la dilatación térmica del eje durante el funcionamiento. El rodamiento en el lado fijo localiza el eje en la posición axial, por lo que queda sometido a cargas axiales en ambos sentidos y es un rodamiento que debe seleccionarse cuidadosamente según la magnitud de las cargas envueltas!

Cuadro 3-1: Ejemplos de disposiciones de rodamientos (Cuando están definidos los lados fijos y libres)

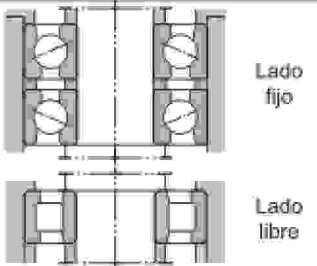
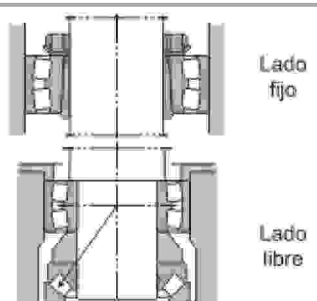
Ejm.	Disposición de los rodamientos		Recomendaciones de aplicación	Ejemplos
	Lado fijo	Lado libre		
1	 Rodamientos rígidos de bolas	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo NU)	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para funcionamiento a alta velocidad. Usado en varias aplicaciones. - No recomendado para aplicaciones donde pueda ocurrir desalineación entre rodamientos o deflexión del eje. (Condiciones: n=alta, Fr=pesada, Fa=ligera) 	Motores eléctricos Tamaño medio, Ventiladores de aire.
2	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo NUP)	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo NU)	<ul style="list-style-type: none"> - Mas adecuado que el ejm. 1 para funcionamiento bajo altas cargas y cargas de impacto. También para aplicaciones a alta velocidad. - Debido a ser separables, son adecuados donde se requiere interferencia en ambos aros (int. y ext.) - No recomendable donde pueda haber desalineación entre rodamientos ni deflexión del eje. (Condiciones: n=alta, Fr=pesada, Fa=ligera) 	Motores de tracción en líneas ferroviarias.
3	 Rodam. de rodillos cónicos apareados (espalda-espalda)	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo NU)	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para aplicaciones bajo altas cargas o cargas de impacto mayores que el ejm. 2. - Este arreglo requiere alta rigidez de los rodamientos de rodillos cónicos: montaje espalda-espalda en el lado fijo, con precarga dada. - Ejes y alojamientos con dimensiones de alta precisión deben ser seleccionados y montados adecuadamente (condiciones: n = alta, Fr = pesada, Fa = pesada) 	Reductores de velocidad, husillos de tornos, rodillo de mesa siderúrgica.
4	 Rodam. de bolas con contacto angular apareados (espalda-espalda)	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo NU)	<ul style="list-style-type: none"> - Es recomendado para operaciones a altas velocidades o cargas axiales más ligeras que en el ejm. 3. - También es recomendado donde se requiere, interferencia para ambos aros internos y externos. - Algunos casos usan 1 rodamiento de doble hilera en lugar de 2 de bolas con contacto angular apareados (Condiciones: n = alta, Fr = normal, Fa = normal) 	Motores eléctricos.
5	 Rodam. de rodillos esféricos (rótula)	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo N)	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para operaciones bajo cargas axiales relativamente bajas. - También es recomendado para aplicaciones que requieren interferencia para ambos aros interno y externo del rodamiento. (Condiciones: n = media, Fr = pesada, Fa = normal) 	Rodillos Calender en maquinaria de papeleras, eje de locomotora diesel.
6	 Rodams. rígidos de bolas/Rodillos cilíndricos (tipo NU)	 Rodam. de rodillos cilíndricos (tipo NU)	<ul style="list-style-type: none"> - Esta disposición se recomienda para operaciones a alta velocidad y altas cargas radiales, así como carga axial normal. - Cuando se usa rodamiento rígido de bolas, se debe dejar un juego entre el aro exterior y el alojamiento para prevenir el efecto por aplicación de carga radial. (Condiciones: n = alta, Fr = pesada, Fa = ligera) 	Transmisión de locomotora diesel.
7	 Rodamiento rígido de bolas	 Rodamiento rígido de bolas	<ul style="list-style-type: none"> - Esta disposición es la más comúnmente usada. - Este arreglo puede soportar carga axial parcial, así como carga radial. (Condiciones: n = alta, Fr = ligera, Fa = ligera) 	Bombas centrífugas, transmisión de automóviles.
8	 Rodam. de doble hilera de bolas con contacto angular	 Rodamiento rígido de bolas	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para operaciones con carga axial relativamente alta en ambos sentidos. - Algunas aplicaciones usan 2 rodamientos de bolas con contacto angular apareados en el lado fijo en lugar de 1 de doble hilera. (Condiciones: n = alta, Fr = ligera, Fa = normal) 	Reductor tornillo sin fin
9	 Rodam. de rodillos esféricos (rótula)	 Rodam. de rodillos esféricos (rótula)	<ul style="list-style-type: none"> - Este es el arreglo óptimo para aplicaciones con posibles errores de montaje y deflexión del eje. - Los rodamientos en este montaje pueden acomodar parcialmente cargas axiales, así como cargas radiales pesadas. (Condiciones: n = media, Fr = pesada, Fa = normal) 	Reductor de velocidad para rodillos de mesa siderúrgica, ruedas de grúa flotante
10	 Rodam. de rodillos cónicos apareados (espalda-espalda)	 Rodam. de rodillos cónicos apareados (espalda-espalda)	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición apropiada donde hay errores de montaje y deflexión del eje. - Fácil montaje y desmontaje, por el uso del adaptador; en ejes largos que no están escalonados, ni roscados. - No recomendable donde requieren soportar cargas axiales. 	Equipos para la industria general (ejes) de contramarcha
11	 Rodam. de rodillos cónicos apareados (espalda-espalda)	 Rodam. de rodillos esféricos con manguito de fijación	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado en aplicaciones con posibles errores de montaje y deflexión del eje. - Recomendado donde se presentan cargas de impacto o cargas radiales mayores que el ejm. 10. - Esta disposición soporta carga axial parcial, así como carga radial. 	Rodillos de mesa siderúrgica.

Selección de la disposición de los rodamientos

Cuadro 3-2: Ejemplos de disposiciones de rodamientos (Cuando los lados fijos y libres no están definidos)

Ejm.	Disposición de los rodamientos	Recomendaciones de aplicación	Ejemplos
12		<ul style="list-style-type: none"> - Este arreglo es el más popular cuando se trata de equipos pequeños operando bajo cargas ligeras. - En caso de precarga ligera, linternas de ajustes (diferentes espesores) o resortes se usan de un lado del aro externo. 	Pequeños motores, peq. reductores de velocidad, peq. bombas centrales.
13	 <p>espalda a espalda</p>  <p>cara a cara</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para aplicaciones donde la rigidez se realiza por la precarga. Es frecuentemente empleado en aplicaciones requeridas con altas velocidades bajo cargas axiales relativamente altas. - Arreglo espalda-espalda apropiado para aplicaciones cuya operación está afectada por momentos flectores. - Si se requiere precarga, se debe tener cuidado para el ajuste de ésta. 	Husillos de máquinas - herramientas
14	 <p>espalda a espalda</p>  <p>cara a cara</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para operaciones bajo cargas de impacto o altas cargas axiales mayores que el ejm. 13. - Apropiado para aplicaciones en las cuales la rigidez se realiza por la precarga. - Arreglo espalda-espalda es recomendado en donde la operación se afecta por momentos flectores. - El arreglo cara a cara simplifica el montaje cuando se requiere interferencia en el ajuste del aro interior sobre el eje. Este arreglo es efectivo cuando hay posibilidades de error en el montaje. - Si se requiere precarga, se debe tener cuidado en el ajuste de ésta. 	Reductores de velocidad, ruedas de automóviles.
15		<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para aplicaciones con alta velocidad y alta precisión de giro bajo cargas ligeras. - Adecuado para aplicaciones donde se realiza la rigidez por precarga. - Arreglos en "Tandem", el "cara a cara" así como espalda-espalda 	Husillos de máquinas - herramientas
16		<ul style="list-style-type: none"> - Este arreglo provee resistencia contra altas cargas y cargas de impacto. - Es aplicable cuando se requieren ajustes de interferencia en ambos aros internos y externos. - Tomar cuidado para no reducir el juego interno axial en valor crítico durante el montaje 	Transmisión final de equipos de construcción

Cuadro 3-3: Ejemplos de disposiciones de rodamientos en ejes verticales

17	 <p>Lado fijo</p> <p>Lado libre</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Este arreglo que usa 2 rodamientos apareados de bolas en contacto angular en el lado fijo y uno de rodillos cilíndricos en el lado libre, es adecuado para operación a altas velocidades. 	Motores verticales, bombas centrífugas verticales
18	 <p>Lado fijo</p> <p>Lado libre</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Es recomendado para operaciones a baja velocidad y altas cargas, donde la carga axial es mayor que la carga radial. - Debido a su capacidad de autoalineamiento, es un arreglo adecuado para aplicaciones donde ocurre deflexión del eje durante la rotación. 	Eje central de grúas, Bombas cent. verticales.

4- Selección del tamaño del rodamiento

SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO

4-1 Vida y Capacidad de Carga del Rodamiento

Generalidades

Si un rodamiento trabaja en condiciones ideales, su vida útil generalmente llega a su fin por daños causados por la fatiga, que se produce, bien en los caminos de rodadura o en los elementos rodantes, debido a los ciclos de tensión repetidos que actúan sobre éstos. Por lo tanto la "vida" del rodamiento generalmente viene referida al número de revoluciones (o de horas a velocidad constante) que superará el rodamiento antes que aparezca la primera manifestación de fatiga en cualquiera de los caminos de rodadura o cualquiera de los elementos rodantes. Si se ensaya en un grupo de rodamientos de idénticas dimensiones diseño, material y proceso de fabricación, en condiciones de trabajo idénticas se observará una dispersión considerable entre sus vidas. La dispersión de la vida de fatiga puede atribuirse a variaciones en la fatiga del material, que pertenecen esencialmente a un estudio estadístico.

Por lo tanto la vida del rodamiento se expresa generalmente o se compara en cuanto a "vida nominal", que se define como el número de revoluciones (o de horas a velocidad constante) que superará el 90% de un grupo de estos rodamientos, antes que la fatiga del material produzca daños en cualquiera de los caminos de rodadura o cualquiera de los elementos rodantes. Sin embargo en el uso práctico el rodamiento puede quedar fuera de servicio debido a daños no atribuibles a la fatiga, como son exceso de desgaste, sobrecalentamiento, deslizamiento, corrosión de ajuste, brinelado o fisuras.

Estos daños se pueden evitar si se toman las precauciones necesarias a la hora de efectuar la selección del rodamiento, y los métodos para su instalación, lubricación, etc.

4-2 Capacidad de Carga Dinámica Básica

(a) Capacidad de Carga Dinámica Básica, C

La capacidad de carga dinámica básica se define como una carga constante, puramente radial (o carga puramente axial para un rodamiento axial), que un grupo de rodamientos aparentemente idénticos con anillo interior girando y anillo exterior fijo puede soportar durante una vida nominal de un millón de revoluciones.

En el caso de los rodamientos de bolas de contacto angular, la capacidad de carga dinámica radial básica es la componente radial de la carga que produce un desplazamiento puramente radial de los anillos del rodamiento entre sí.

(b) Capacidad de Carga Dinámica Efectiva, C_e

Durante los últimos años, se han incrementado el funcionamiento y la fiabilidad de los rodamientos, gracias a mejoras en los materiales de los rodamientos así como en la tecnología de su fabricación, dando lugar a un incremento de la vida de éstos durante el servicio real, demostrado por experimentos e informes de campo.

Para poder reflejar el efecto de este aumento de vida de trabajo en el cálculo de la vida del rodamiento, se ha introducido la capacidad de carga dinámica efectiva, que es una versión revisada de la capacidad de carga dinámica básica antes mencionada.

Koyo indica la capacidad de carga dinámica básica de cada rodamiento en el catálogo de dimensiones.

4-3 Fórmula de Cálculo de Vida

En general, la relación que hay entre la capacidad de carga dinámica básica, la carga aplicada y la vida nominal del rodamiento se expresa por la fórmula siguiente:

$$L_{10e} = \left(\frac{C_e}{P} \right)^p \dots \dots \dots (1)$$

Selección del tamaño del rodamiento

Siendo,

- L_{10^6} = Vida nominal efectiva (x 10⁶ revoluciones)
- C_e = Capacidad de carga dinámica básica efectiva (N)
- P = Carga radial (o axial) equivalente (N)
- $p = 3$ para rodamientos de bolas
- $p = 10/3$ para rodamientos de rodillos

En caso de que el rodamiento trabaje a velocidad constante, a menudo resulta conveniente expresar su vida en horas, la cual se puede determinar por la fórmula siguiente:

$$L_h = \left(\frac{C_e}{P}\right)^p \frac{16667}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Siendo,

- L_h = Vida en horas (h)
- n = Número de revoluciones por minuto (rpm)

El cálculo de vida se puede simplificar más, utilizando el factor de vida (f_h) y el factor de velocidad (f_n), que están tabulados en los Cuadros 3-1 y 3-2 del Cat. N° 2011S - Sección de Ingeniería de Koyo.

$$L_h = 500 f_h^p \dots\dots\dots (3)$$

$$f_h = f_n \frac{C_e}{P} \dots\dots\dots (4)$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n}\right)^{1/p} \dots\dots\dots (5)$$

Siendo

- f_h = Factor de duración
- f_n = Factor de velocidad

4-4 Ajuste de la Capacidad de Carga Dinámica Básica.

(a) Ajustes del Cálculo de Vida

La vida nominal efectiva (L_{10^6}) que es estándar general para la vida de los rodamientos, puede obtenerse mediante la Fórmula (1).

Si es deseable conocer la vida con una fiabilidad superior al 90%, o en el caso de condiciones especiales de material y trabajo (montaje, lubricación, protección contra el polvo, temperatura de trabajo), la vida se puede ajustar mediante la utilización del factor de fiabilidad (a_1), factor de material (a_2) y factor de condiciones de trabajo (a_3). En este caso, la vida nominal ajustada (L_{na}) puede conocerse a partir de la fórmula siguiente:

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 \left(\frac{C_e}{P}\right)^p \dots\dots\dots (6)$$

Siendo,

- L_{na} = Vida nominal ajustada para un nivel de fiabilidad de (100-n) % (x 10⁶ revoluciones)
- C_e = Capacidad de carga dinámica básica efectiva (N)
- P = Carga dinámica equivalente (N)
- a_1 = Factor de fiabilidad (Ver cuadro 1)
- a_2 = Factor de material
- a_3 = Factor de condiciones de trabajo
- $p = 3$ para rodamiento de bolas
- $p = 10/3$ para rodamiento de rodillos

(b) Factor de Fiabilidad a_1

La vida nominal obtenida mediante la fórmula (1) se basa en una fiabilidad del 90%, es decir la vida que alcancen o superen el 90% de un grupo de rodamientos aparentemente idénticos, en condiciones de trabajo similares. No obstante, en algunas aplicaciones es necesario evaluar la vida del rodamiento con una fiabilidad superior al 90%. En estas aplicaciones suele determinarse la vida del rodamiento mediante la fórmula (6), utilizando el factor a_1 de fiabilidad específica, indicado en el Cuadro 1.

Selección del tamaño del rodamiento

Cuadro 4-1 Factor de Fiabilidad, a_1

Fiabilidad %	L_{10}	a_1
90	L_{10}	1.00
95	L_5	0.62
96	L_4	0.53
97	L_3	0.44
98	L_2	0.33
99	L_1	0.21

(c) Factor de Material, a_2

Cuando se aumenta la vida de fatiga rodante mediante la utilización de materiales mejorados o de un tratamiento térmico especial, entonces debe ajustarse la vida nominal mediante el factor de material a_2 .

Cuando se utiliza un rodamiento estándar **Koyo**, el factor de material apropiado es $a_2=1$

Los rodamientos estándares **Koyo** están fabricados con acero desgasificado al vacío, de alta calidad. El efecto de aumento de vida que tiene este material se refleja en la capacidad de carga dinámica efectiva.

En los rodamientos **Koyo** fabricados con aceros para rodamientos de vida extra, desarrollados para el efecto específico de aumentar la vida de los rodamientos, se pueden aplicar valores de a_2 superiores a 1.

Cuando un rodamiento se somete a un tratamiento térmico especial para conseguir estabilidad dimensional a alta temperatura, entonces disminuye su dureza. En estos casos el factor a_2 debe ser inferior a 1.

(d) Factor de Condiciones de Trabajo a_3

Este factor a_3 se utiliza para tener en cuenta el efecto que tienen las condiciones de trabajo, especialmente la lubricación, en la vida del rodamiento. Si el rodamiento está lubricado adecuadamente (o si las superficie rodantes están aisladas por una película de aceite), entonces $a_3=1$.

El factor a_3 debería ser inferior a 1 si la viscosidad del lubricante es baja o si la velocidad de trabajo es excepcionalmente

lenta (dm. n inferior a 10000). En estos casos, el factor de condiciones de trabajo a_3 no debe ser superior a a_1 .

Hay otras condiciones de trabajo distintas a la lubricación, tales como la distribución de cargas y la temperatura, que también pueden afectar a la vida del rodamiento. Sin embargo estas consideraciones requieren unas técnicas analíticas y experimentales, para cuyo caso debe consultarse al servicio de ingeniería de **Koyo** si las condiciones de trabajo entrañan distribuciones de carga especiales o temperaturas extremas.

(d-1) Ajuste de la Capacidad de Carga Dinámica Básica

La vida nominal de un rodamiento se ve afectada considerablemente por la temperatura de trabajo y la dureza del rodamiento. Por lo tanto, cuando el rodamiento se utiliza a una temperatura extrema o cuando sea necesario que la dureza del rodamiento sea inferior a la normal, será necesario corregir la capacidad de carga dinámica.

(d-2) Temperatura del Rodamiento y Capacidad de Carga Dinámica Básica

Cuando los rodamientos se someten a altas temperaturas, entonces cambia la microestructura del material, reduciéndose la dureza, lo cual afectará a la capacidad de carga dinámica básica. Una vez que haya disminuido la capacidad de carga dinámica básica en estas condiciones, no se podrá restablecer la capacidad de carga que ha disminuido, incluso si la temperatura vuelve a estar dentro de sus límites normales. El Cuadro 2 indica la magnitud de reducción de la capacidad de carga dinámica básica.

Cuadro 4-2 Reducción de la Capacidad de Carga Dinámica Básica a alta Temperatura

Temperatura del rodamiento (°C)	125	150	175	200	225	250
Porcentaje de reducción de la capacidad de carga dinámica básica (%)	5	10	15	25	35	40

(d-3) Dureza y Capacidad de Carga Dinámica Básica

Cuando se utiliza como camino de rodadura sobre el que ruedan los elementos rodantes, la superficie de un eje o de una caja, en lugar de un anillo interior o un anillo exterior, es esencial que el eje o el alojamiento tengan la dureza adecuada, ya que cuanto menor sea la dureza, tanto más corta será la vida de servicio. Por lo tanto cuando la dureza de estas superficies es inferior a 60 HRC, entonces debe corregirse la capacidad de carga utilizando el factor de dureza indicado en la fig.4-1

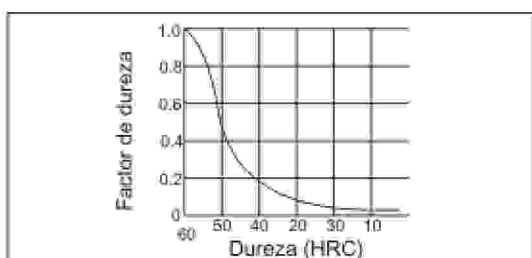


FIG. 4-1 Factor de dureza

4-5 Capacidad de Carga Estática Básica

La capacidad de carga estática básica es la carga que actúa sobre un rodamiento que no está girando y puede considerarse que corresponde a una tensión de contacto calculada de.

- 4600 MPa para rodamientos de bolas autoalineables
- 4200 MPa para todos los demás rodamientos de bolas, y
- 4000 MPa para todos los rodamientos de rodillos.

en el centro del contacto entre los elementos rodantes sometidos a mayor tensión, y los caminos de rodadura.

Para los rodamientos radiales, esta carga es una carga radial constante estacionaria, y para los rodamientos axiales es una carga axial constante estacionaria, concéntrica con el eje del rodamiento.

En el caso de rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera, la capacidad de carga básica se refiere a la componente

radial de la carga que produce un desplazamiento puramente radial de los anillos del rodamiento entre sí.

4-6 Carga Dinámica Equivalente

Los rodamientos a menudo trabajan sometidos tanto a cargas radiales como a cargas axiales formándose una carga combinada que no se puede comparar directamente con la capacidad de carga básica que figura en el catálogo. En estos casos es posible efectuar una comparación convirtiendo la carga combinada en una carga imaginaria, bajo la cual el rodamiento tendría la misma vida que la prevista, en las condiciones de carga reales, siempre y cuando en los anillos (interior o exterior) sea la misma.

Esta carga imaginaria se llama carga dinámica equivalente. Para los rodamientos radiales, es una carga radial constante que actúa sobre un rodamiento con anillo interior rotativo y anillo exterior fijo. Para los rodamientos axiales, es una carga axial constante concéntrica con el eje del rodamiento para un rodamiento con anillo interior rotativo y anillo exterior fijo.

(a) Carga Radial Dinámica Equivalente.

La carga radial dinámica equivalente de un rodamiento sometido a cargas radiales y axiales constantes simultáneas puede obtenerse de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P = X F_r + Y F_a \dots\dots\dots (7)$$

Siendo,

- P = Carga radial dinámica equivalente (N)
- X = Factor radial Y = Factor axial
- F_r = Carga radial (N) F_a = Carga axial (N)

Para rodamientos de una hilera, y cuando la relación F_a / F_r no es superior al valor "e", entonces los valores de los factores X e Y son respectivamente 1 y 0. En estos casos, la carga radial dinámica equivalente puede expresarse por la fórmula siguiente:

$$P = F_r \dots\dots\dots (8)$$

En el caso de rodamientos rígidos de bolas, los valores de los factores X e Y dependen de la relación F_a / C_0 , si F_r es superior a "e". Esto se debe a que el ángulo de contacto entre la bola y el camino de rodadura varía según la carga axial F_a . Los valores para X e Y, para rodamientos de dos hileras dependen de si la relación F_a / F_r sea superior al valor "e". Estos valores X e Y se indican para cada rodamiento en las tablas de dimensiones.

Los rodamientos de bolas de contacto angular y los rodamientos de rodillos cónicos generalmente van montados por parejas, cara con cara o espalda con espalda. En estos casos, la fuerza axial producida en un rodamiento por la carga radial actúa sobre el otro rodamiento, lo cual debe tenerse en cuenta en el cálculo. Esta carga axial puede calcularse en la fórmula siguiente:

$$F_a = \frac{F_r}{2Y} \dots\dots\dots (9)$$

(b) Carga Axial Dinámica Equivalente

Cuando un rodamiento axial, cuyo ángulo de contacto nominal sea inferior a 90°, está sometido a unas cargas combinadas radiales y axiales constantes, entonces puede calcularse su carga axial dinámica equivalente, mediante la fórmula siguiente:

$$P_a = X F_r + Y F_a \dots\dots\dots (10)$$

Siendo

- P_a =Carga axial dinámica equivalente (N)
- F_r =Carga radial (N)
- F_a =Carga axial (N)
- X =Factor radial
- Y =Factor axial

Para rodamientos axiales de rodillos esféricos, la fórmula es:

$$P_a = F_a + 1,2 F_r \dots\dots\dots (11)$$

En este caso el rodamiento no se puede someter a una carga radial mayor del 55% de la carga axial.

4-7 Carga Estática Equivalente y Factor de Seguridad

a) Carga Radial Estática Equivalente

Cuando un rodamiento radial parado se somete a cargas radiales y axiales combinadas, entonces la carga radial estática equivalente es el mayor de los valores calculados de acuerdo con las dos fórmulas siguientes:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \dots\dots\dots (12)$$

$$P_o = F_r \dots\dots\dots (13)$$

Siendo

- P_o = Carga axial estática equivalente (N)
- X_o = Factor radial estático
- Y_o = Factor axial estático
- F_r = Carga radial (N)
- F_a = Carga axial (N)

b) Carga Axial Estática Equivalente

Cuando un rodamiento axial parado, cuyo ángulo de contacto nominal sea inferior a 90°, se somete a cargas radiales y axiales combinadas, entonces la carga axial estática equivalente se determina de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P_o = F_a + 2,3 F_r \sin^2 \alpha \dots\dots\dots (14)$$

Siendo

- P_o =Carga axial estática equivalente (N)
- F_a =Carga axial (N)
- F_r =Carga radial (N)
- α =Ángulo de contacto nominal

Para rodamientos axiales de rodillos esféricos, la fórmula se escribe de la manera siguiente:

$$P_o = F_a + 2,7 F_r \dots\dots\dots (15)$$

En este caso, la carga radial no puede ser superior al 37% de la carga axial.

c) Factor de Seguridad

La carga admisible para un rodamiento que está girando se puede determinar de acuerdo con la fórmula de cálculo de vida, basada en la capacidad de carga dinámica efectiva (C_e) del rodamiento.

No obstante el rodamiento a veces podrá estar sometido a cargas en condiciones estacionarias. En algunas otras aplicaciones, está previsto que cargas de impacto suma-

mente fuertes actúen sobre los rodamientos que giren a baja velocidad.

En estas condiciones estacionarias o semiestacionarias, no es posible determinar la carga admisible mediante la fórmula de cálculo de vida, pero debe estudiarse basándose en la deformación plástica que produciría la carga estática sobre las superficies de contacto.

Las huellas producidas en los caminos de rodadura o en los elementos rodantes quizás no afecten al coeficiente de fricción del rodamiento ni produzcan una vibración o

ruido apreciable durante el funcionamiento, siempre y cuando se trate de huellas muy pequeñas. Sin embargo, estas huellas resultan inadmisibles en cuanto rebasan una cierta magnitud, la cual depende de las condiciones y requisitos de trabajo del rodamiento. Por lo tanto la carga estática admisible para un rodamiento podrá determinarse a partir de la capacidad de carga estática y de unos factores de seguridad establecidos empíricamente para las condiciones de trabajo.

4-8 Vida de Servicio para Diversas Aplicaciones.

Como ya hemos visto en el capítulo selección del rodamiento, los factores que más incidencia tienen en la vida del rodamiento son la carga aplicada y la velocidad de giro (en ese orden respectivo), tal es así que la durabilidad del rodamiento se reduce a 1/8 si la carga externa aplicada duplica la capacidad de carga dinámica C_e (capacidad de carga del fabricante), mientras que esta durabilidad se reduce 1/2 si la velocidad de operación duplica la velocidad límite de giro especificada por el fabricante. Cuanto más larga sea la vida nominal del rodamiento, tanto mayor será la seguridad de la aplicación, sin embargo no es económico sobredimensionar un rodamiento para obtener una vida de servicio superior a la requerida para ciertas aplicaciones. Por ejemplo la durabilidad de 1200 hrs. será excesiva para una aspiradora que trabaja 20-30 minutos al día, mientras que esta misma durabilidad será insuficiente para el rodamiento utilizado en equipos que funcionan 24 hrs. al día como es el caso de los motores eléctricos para plantas.

Cuadro 4-3 Vida de Servicio para Diversas Aplicaciones

Tipo de Servicio	Aplicación	Horas de vida de Servicio (h)
Equipos utilizados ocasionalmente	Mecanismos para accionamiento de puertas	500
Sustituídos periódicamente para obtener una fiabilidad excepcionalmente alta.	Motores de aviación	500~2000
Utilizados a intervalos cortos, no muy críticos.	Herramientas de mano - Equipos agrícolas - Electrodomésticos Grúas - Alimentador automático de materiales Cabrestantes para servicios pesado	4000~8000
Utilizados a intervalos, pero que han de tener una fiabilidad de servicio adecuada.	Equipos auxiliares en centrales energéticas - Transportadores para líneas de montaje - Grúas para manipulación de materiales - Máquinas herramientas utilizadas con poca frecuencia.	8000~12000
Funcionando durante 8 horas al día, pero no siempre en funcionamiento completo.	Motores eléctricos de planta - Reductores de engranajes	12000~20000
Completamente funcionando durante 8 horas al día.	Maquinaria general en plantas de fabricación - Grúas que trabajan de forma constante - Ventiladores que trabajan de forma constante - Rodillos de mesas de tren de laminación.	20000~30000
Funcionando constantemente durante 24 horas.	Compresores - Bombas - Motores eléctricos para plantas. Rodillos transportadores - Cabrestantes de minas.	40000~60000
Funcionando en forma continua durante 24 horas, en aplicaciones muy críticas.	Maquinaria para fabricación de papel - Centrales energéticas. Bombas de minas - Suministro de agua para zonas urbanas. Maquinaria de buques de funcionamiento constante.	100000~200000

5- Dimensiones principales y numeración del rodamiento

5.1 Dimensiones principales del rodamientos

Las dimensiones generales de la mayoría de los rodamientos, se han normalizado internacionalmente por ISO (Organización Internacional de Normalización). La norma industrial japonesa JIS B 1512 (Dimensiones Generales de Rodamientos), se corresponde con la norma ISO. Las dimensiones generales de los rodamientos son las dimensiones del contorno externo tales como el diámetro interior, diámetro exterior, anchura o altura, y dimensiones de los chaflanes.

Estas dimensiones se necesitan para elegir un rodamiento adecuado con respecto a las dimensiones del eje y el alojamiento donde va montado. La Fig. 5-1 ilustra las dimensiones generales y sus símbolos para rodamientos radiales distintos a los rodamientos de rodillos cónicos. Las figuras 5-2 y 5-3 muestran estas dimensiones generales para rodamientos de rodillos cónicos y los rodamientos axiales (de asiento plano), respectivamente.

Todas las dimensiones principales van dispuestas de acuerdo con el número interno (diámetro interior), las series de diámetros externos y las series de anchos. Las series de diámetros agrupan juntos aquellos rodamientos cuyos diámetros exteriores tienen una proporción similar a los diámetros interiores.

Dentro de cada serie de diámetros hay diversas series de dimensiones que son una combinación de las series de diámetros y diferentes series de anchuras (o alturas) teniendo estas series, una proporción semejante de anchura (altura) respecto al diámetro.

Estas clasificaciones de series se designan por números que siguen al número del tipo de rodamiento, según se indica en el Cuadro 5-1.

Las figuras ilustran gráficamente la relación de las series típicas de dimensiones de los rodamientos radiales (excepto los rodamientos de rodillos cónicos) y los rodamientos axiales.

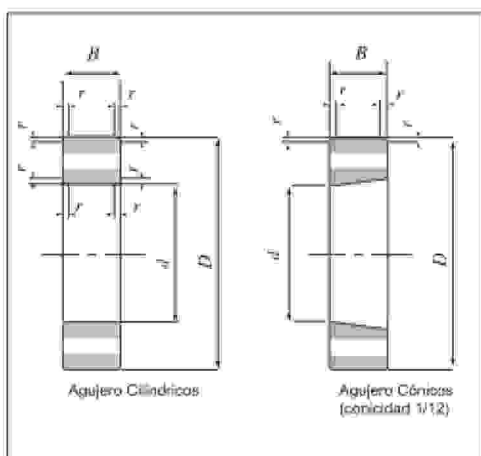


Fig. 5-1 Dimensiones Principales de los Rodamientos Radiales (Excepto Rodamientos de Rodillos Cónicos).

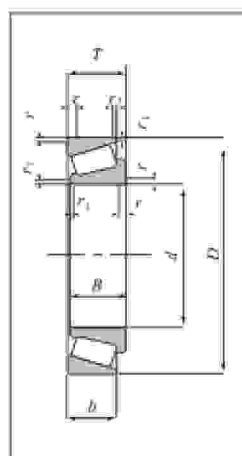


Fig. 5-2 Dimensiones Principales de los Rodamientos de Rodillos Cónicos.

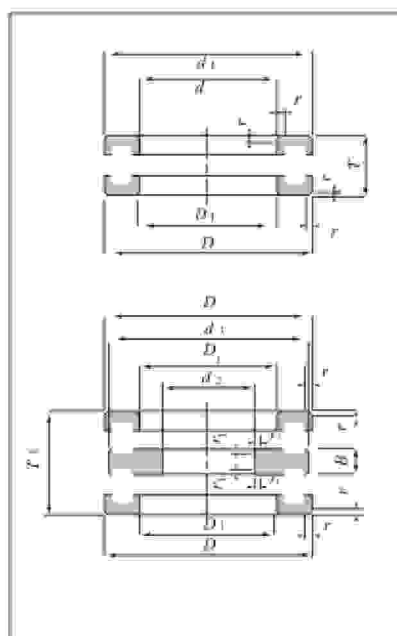
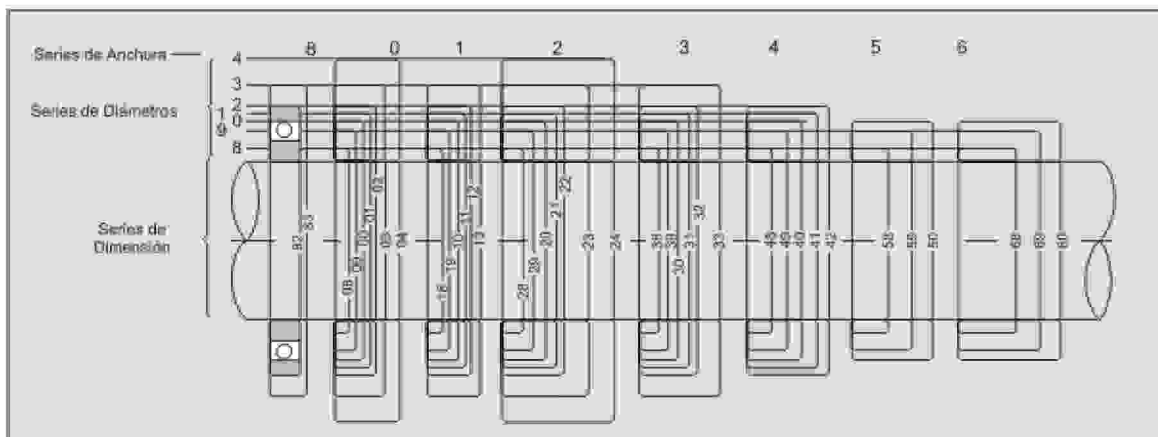


Fig. 5-3 Dimensiones Principales de los Rodamientos Axiales (Asiento Plano).

(Fig. 5-4) Comparación de las Series de Dimensión (Excepto la Serie de Diámetro 7) para Rodamientos Radiales que tengan el mismo Diámetro Interior.



5-2 Sistema de numeración y códigos

Los números de identificación de los rodamientos Koyo se componen de los números básicos y de los códigos auxiliares. Los números básicos consisten en un número de la serie del rodamiento, dos números correspondientes a las series de ancho y diámetro externo (serie de dimensiones) y uno (caso de rodamientos miniatura) o dos números que identifican (multiplicados por 5) al diámetro interno del rodamiento.

de los rodamientos existen un número considerable de códigos auxiliares que han de añadirse al número básico.

Lo más importante en estos códigos son los sufijos correspondientes a la jaula, a las obturaciones, a la configuración del anillo, códigos para montajes apareados, juegos y clase de tolerancia. Una pequeña parte de estos códigos está normalizada en la JIS B 1513 (Designación de rodamientos). Pero la mayoría de las características de los rodamientos tienen códigos distintos en los diferentes fabricantes.

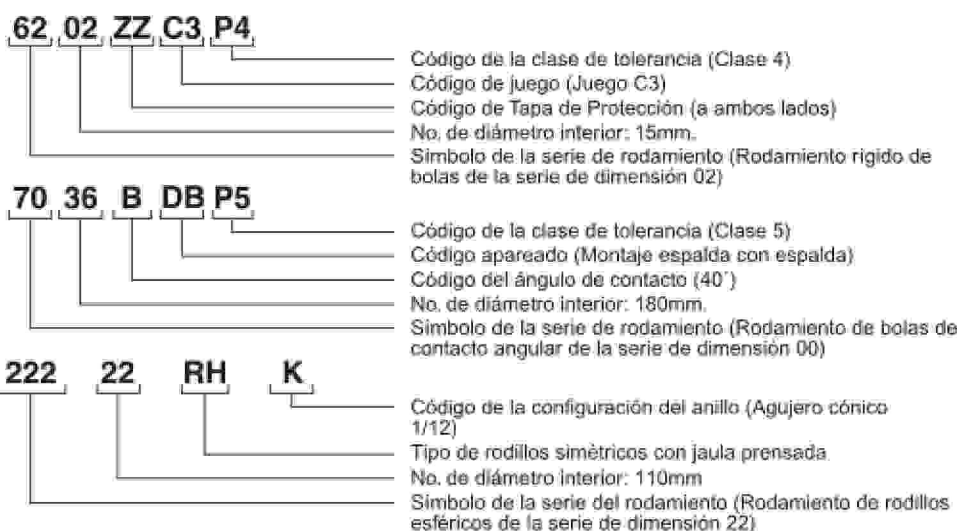
Para identificar las características detalladas

Cuadro 5-2 Sistema de Numeración de Rodamientos Koyo

Características	Clasificación		Número Básico				Código Auxiliar										
	Orden de Código	Código Aux.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tipo de Rodamiento	Símbolos y Códigos	Prefijo	Serie de Rod.	Diámetro Interior	Ángulo de Contacto	Disco Interno	Disco Especial	Jaula	Obtenciones	Configuración del anillo	Tamaño y zona de lubricación	Materiales	Troquelamiento térmico especial	Apareado	Juego	Clase de tolerancia	Otros
Rodamiento Rígido de Bolas		○			—	○	○	○	○	○	△	△	○	—	○	○	△
Rodamiento de Bolas Tipo Magneto		○			—	—	○	—	—	—	—	—	△	—	—	○	—
Rodamiento de Bolas de Contacto Angular		○			○	—	○	○	—	△	△	△	○	○	○	○	—
Rodamiento de Bolas Autoalineables		○			—	○	○	—	△	○	△	—	○	—	○	○	○
Rodamiento Axial de Bolas		○			—	—	○	○	—	—	—	—	○	—	—	○	—
Rodamiento de Rodillos Cilíndricos		○			—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○
Rodamiento de Rodillos Cónicos		○			○	○	○	—	○	○	○	○	○	—	○	○	○
Rodamiento de Rodillos de Agujas		○			—	—	○	○	△	△	○	—	—	—	○	○	—
Rodamiento de Rodillos Esféricos		○			—	—	—	—	—	○	○	○	○	—	○	○	○
Rodamiento Axial de Rodillos Esféricos		○					○	○	—	○	—	○	○	—	—	○	—

(NOTA) ○ Utilizado frecuentemente △ Utilizado algunas veces — No se utiliza hasta ahora

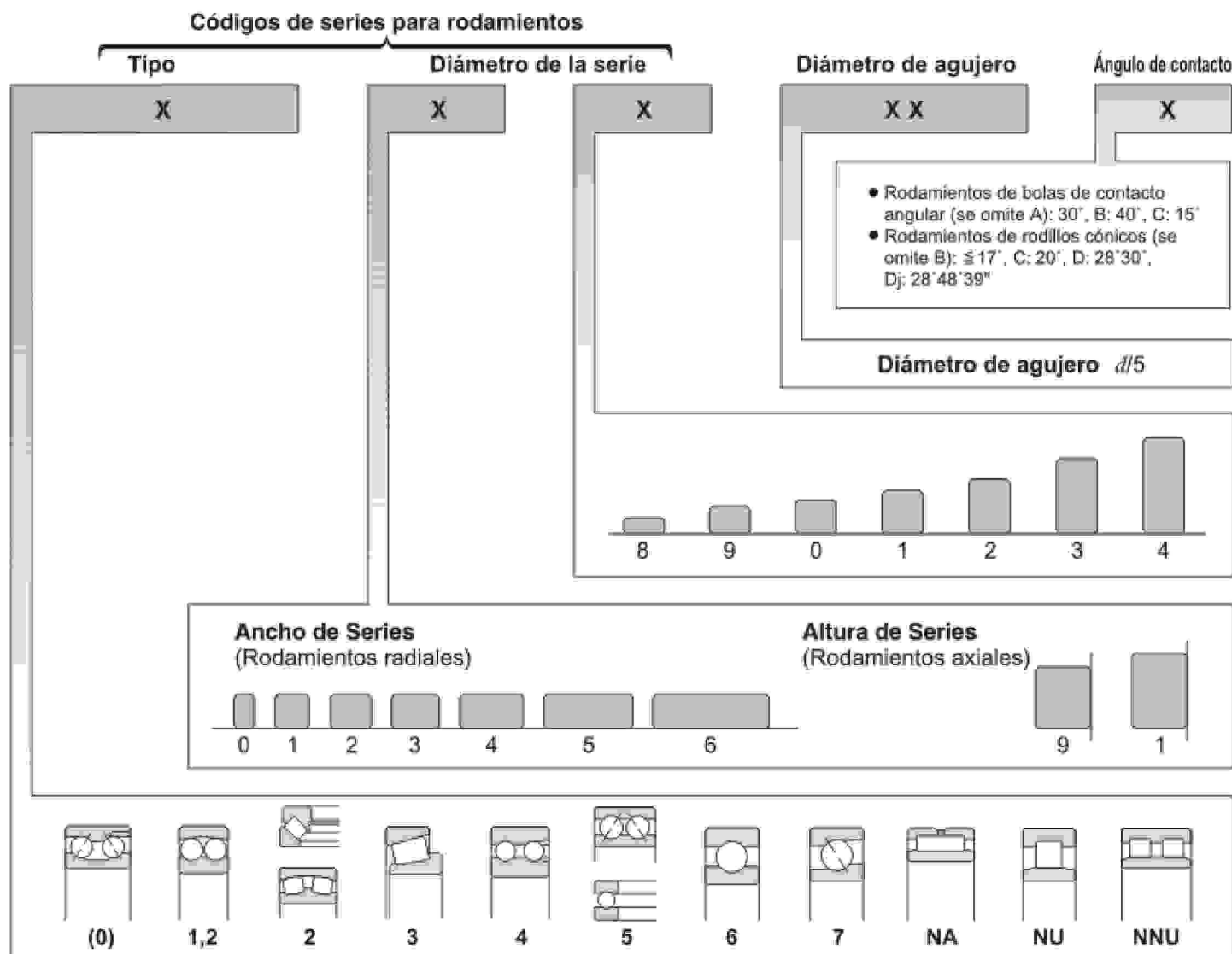
Ejemplos de Numeración.



5-3 Numeración de los rodamientos

El número de un rodamiento está compuesto por un número básico y un código suplementario, que indica las especificaciones del mismo, éste incluye el tipo de rodamiento, dimensiones principales, precisión de giro y juego interno.

La figura abajo muestra el sistema general de designación para los rodamientos de bolas y de rodillos en el sistema métrico.



Código Tipo

- (0) Rodamientos de bolas de contacto angular (doble pista)
- 1 Rodamientos de bolas autoalineables
- 2 Rodamientos de bolas autoalineables, rodamientos de rodillos esféricos y rodamientos axiales de rodillos esféricos
- 3 Rodamientos de rodillos cónicos
- 4 Rodamientos de bolas (doble pista)
- 5 Rodamientos axiales de bolas de contacto angular (doble pista)
- 6 Rodamientos de bolas (pista sencilla)
- 7 Rodamientos de bolas de contacto angular (pista sencilla)
- NA Rodamientos de agujas (pista sencilla y doble)
- NU Rodamientos de rodillos cilíndricos (pista sencilla)
- NNU Rodamientos de rodillos cilíndricos (doble pista)

6- Tolerancia/Precisión de los rodamientos

TOLERANCIA/PRECISIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Tolerancias y clases de tolerancias para rodamientos.

Las tolerancias de los rodamientos y los valores límites permisibles para las dimensiones principales, así como las velocidades de giro admisibles de los rodamientos son especificadas en JIS B 1514 (Japanese Industrial Standards). La cual está de acuerdo con la correspondiente norma ISO (International Organization for Standardization).

Las tolerancias de los rodamientos están estandarizadas, para las clasificación de éstas se utilizan seis clases de tolerancias descritas en orden creciente de precisión: 0, 6X, 6, 5, 4, y 2.

La clase 0 de rodamientos ofrece adecuadas presentaciones para aplicaciones generales y los rodamientos de la clase 5 o más alta son requeridos para demandas de aplicaciones y condiciones incluidas en el cuadro 7.

Las tolerancias para cada clase de rodamientos y las organizaciones concernientes a los rodamientos también están tabuladas.

6-1 Precisión de dimensiones principales

(Relacionado con dimensiones de montaje en ejes y alojamientos).

- Tolerancias para diámetros de agujeros, diámetros exteriores, espesores de los aros, anchos de rodamientos.
- Tolerancias para grupos de diámetros de agujeros y grupos de diámetro exteriores de rodillos.
- Tolerancias límites para dimensiones de biseles.
- Valores permisibles para variaciones de anchura.
- Tolerancias y valores permisibles para agujeros cónicos.

6-2 Precisión de giro.

(Relacionado con la circularidad de los elementos rotantes).

- Valores permisibles para circularidad radial y cilindridad radial.
- Valores permisibles de circularidad para una parte de la cara, en relación con el agujero del aro interior.
- Valores permisibles para apriete de los rodamientos.
- Valores permisibles del espesor de la pista de rodadura de rodamientos axiales.

Cuadro 6-1: Clases de Tolerancias para Diversos Tipos de Rodamientos.

TIPO DE RODAMIENTO	CLASES DE TOLERANCIAS (JIS)					
	Clase 0	Clase 6	Clase 6X	Clase 5	Clase 4	Clase 2
Rodamientos Rígidos de Bolas	○	○	—	○	○	○
Rodamientos de Bolas de Contacto Angular	○	○	—	○	○	○
Rodamientos de Rodillos Cilíndricos	○	○	—	○	○	○
Rodamientos de Rodillos de Agujas	○	—	—	—	—	—
Rodamientos de Rodillos Cónicos	○	○	○	○	○	—
Rod. de Rodillos Cónicos (doble y 4 hileras)	○ ¹⁾	—	—	—	—	—
Rodamientos de Rodillos esféricos	○	—	—	—	—	—
Rodamientos Axiales de Bolas	○	○	—	○	○	—
Rod. Axiales de Rodillos Esféricos	○	—	—	—	—	—

Nota: 1) Esta clase ha sido establecida por la norma de la Asociación Japonesa de Industrias del Rodamiento (BAS)

Se requieren rodamientos de precisión de dimensiones superiores a las estándares (P6, P5, P4 y P2) en equipos que deban cumplir determinadas exigencias de trabajo, como lo son alta precisión de giro, altas velocidades de rotación, baja fricción, etc. Entre los rodamientos que se fabrican con estas tolerancias especiales en sus dimensiones tenemos los rodamientos rígidos de bolas, de bolas de contacto angular, axiales de bolas con contacto angular, rodillos cilíndricos y cónicos (ver cuadro 6 clase de tolerancias de fabricación para diferentes tipos de rodamientos).

Cuando los rodamientos exijan tolerancias especiales (valores no estandarizados) las normas de precisión de fabricación las determinará el fabricante.

Los rodamientos con valores de precisión establecidos en pulgadas (ejm. rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas, series: EI, LL, L, LM, M, etc.) se encuentran bajo la norma de la ABMA (Asociación de Fabricantes Americanos de Rodamientos), para rodamientos en general con dimensiones en pulgadas se utilizan las normas BS de Inglaterra.

Cuadro 6-2: Aplicación de rodamientos de alta precisión.

<p>Alta precisión de giro es requerida para los elementos rodantes.</p>	<p>Husillos para equipos acústicos/visuales (videograbadoras, grabadoras) P4, P5. Coronas giratorias para radar/antenas parabólicas. P4. Husillos de máquinas herramientas. P5, P4, P2, ABEC 9. Husillos de discos magnéticos para computadoras. P5, P4, P2, ABEC 9. Laminadoras de aluminio. P5. Molinos multi-estacionarios. P4.</p>
<p>Alta velocidad de rotación</p>	<p>Husillos para equipos dentales. P2, ABMA 5P, ABMA 7P. Supercargadores. P5, P4. Husillos para motores de Jet y accesorios. P5, P4. Separadores centrífugos. P5, P4. Husillos para bombas turbo-moleculares. P5, P4. Máquinas herramientas. P5, P4, P2, ABEC 9. Rieles tensores. P5, P4.</p>
<p>Requieren baja fricción o baja variación de fricción.</p>	<p>Equipos de control (motores sincronizados, servomotores, etc.) P4, ABMA 7P. Instrumentos de medición. P5. Husillos para máquinas - herramientas. P5, P4, P2, ABEC 9.</p>

7- Velocidad Límite

Límite de velocidad

La velocidad de trabajo de un rodamiento está totalmente limitada a causa del calor acumulado en él, y esta cantidad de calor producido está relacionada principalmente con la fricción.

Dado que los rodamientos radiales de bolas y los de rodillos cilíndricos tienen unos coeficientes de fricción menores que los demás tipos rodamientos, éstos generalmente son más adecuados para funcionamiento a alta velocidad.

Son muchos los factores que determinan el límite de velocidad, tales como tamaño y tolerancia de los rodamientos, método de lubricación, tipo y cantidad de lubricante, forma y material de la jaula, condiciones de carga, etc.

A partir de la experiencia y de otros datos, **Koyo** ha establecido unos límites de velocidad normales para cada rodamiento tanto para lubricación por grasa como por aceite. Estos valores que figuran en los cuadros de dimensiones, junto con los valores de ajuste para las condiciones de carga que se indican en la figura A, se combinan para dar unas directrices útiles que permiten determinar los límites de velocidad de cada rodamiento. La fórmula general del límite de velocidad es:

$$n = f \cdot n' \dots\dots\dots (7-1)$$

Siendo,

- n = Límite de velocidad (rpm)
- f = Factor de ajuste para las condiciones de carga (Ver fig. A)
- n' = Límite de velocidad normal (rpm) (Ver cuadros de dimensiones)

En la fig. 7-1,

- C_e = Capacidad de carga dinámica básica (N)
- P = Carga dinámica equivalente radial (o axial) (N)

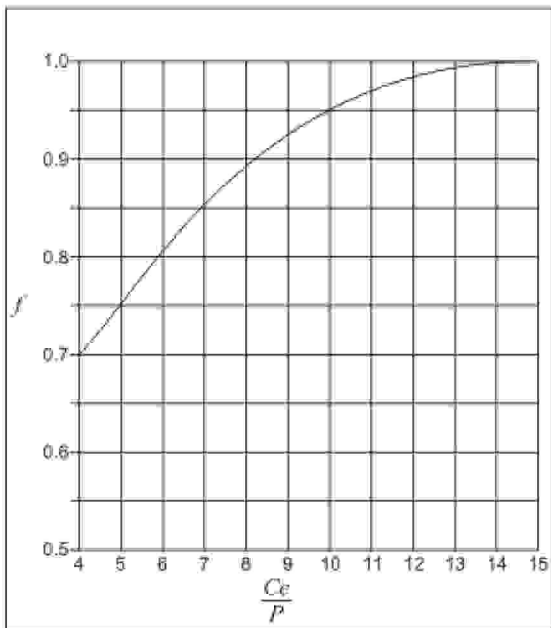


Fig. 7-1

Para aquellos rodamientos que no figuren en este catálogo, consultar al servicio de Ingeniería de **Koyo** para que indique el límite de velocidad, así como en los casos en que se desee una velocidad de trabajo superior a la antes determinada.

En general se toman las disposiciones siguientes para permitir que el rodamiento gire a altas velocidades:

- 1- Incorporar una jaula mecanizada.
Para altas velocidades, la elección normal son las jaulas de aleación de cobre, pero algunas veces se utilizan resinas fenólicas u otros materiales.
- 2- Reducir la agitación del lubricante.
Para ello se podrá bajar el nivel de aceite, o utilizar un anillo deflector que permita un suministro regular de lubricante. El sistema de niebla de aceite constituye una buena alternativa, según el tipo de rodamiento.
- 3- Utilizar lubricación por circulación de aceite.
- 4- Disipar la radiación de calor, instalando un ventilador en la caja, o aplicando otros métodos.
(En este caso, el juego del rodamiento debe ser mayor, teniendo en cuenta la posible reducción del mismo).
- 5- Utilizar rodamientos de mayor precisión.

8- Ajustes de los rodamientos

AJUSTE DE LOS RODAMIENTOS.

8-1 Propósito del ajuste.

El propósito del ajuste de los rodamientos es combinar el anillo interno y externo, con el eje o el alojamiento, de manera que se logre un ajuste adecuado entre ambos, para así impedir su deslizamiento, pues este deslizamiento desventajoso (llamado "arrastre"), produciría una generación de calor anormal y el desgaste de las superficies de ajuste, lo cual afectará el funcionamiento del rodamiento por contaminación de partículas, vibraciones, etc. Por esta razón, es necesario combinar los anillos del rodamiento bajo alta carga de rotación, con el eje o el alojamiento mediante un ajuste de interferencia (apriete),

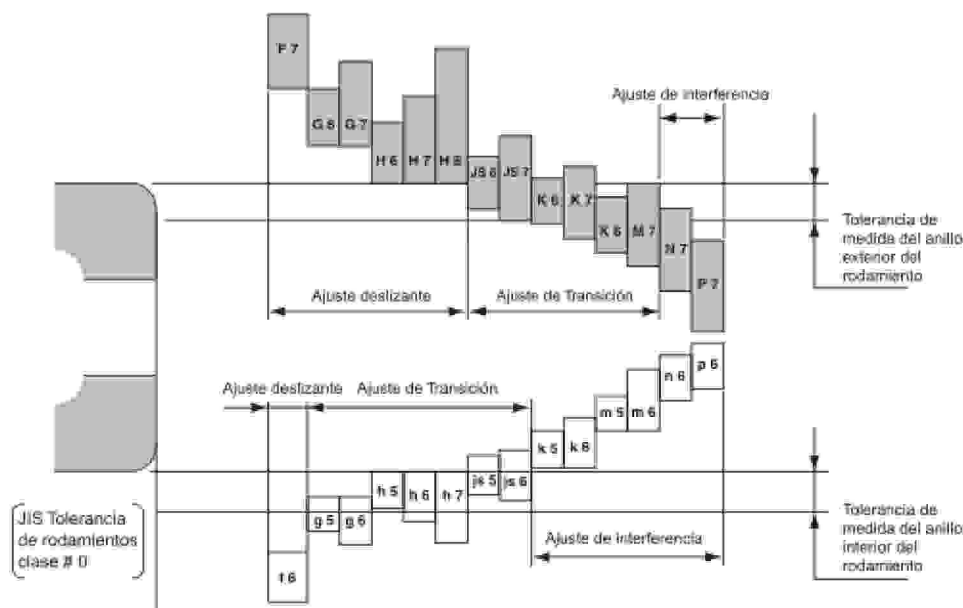
o bien un ajuste holgado si es conveniente para el funcionamiento de la maquinaria

8-2 Tolerancias y ajustes para ejes y alojamientos

Para series de rodamientos métricos, las tolerancias para el diámetro del eje y el diámetro del agujero son estandarizadas por JIS B 0401 "límites y adaptaciones para ingeniería" en ISO 286.

Los ajustes de los rodamientos sobre los ejes y en los alojamientos, son determinados en tolerancias especificadas en la estandarización mencionada. La figura 13-1 muestra la relación entre las tolerancias para ejes y diámetros de agujeros de alojamientos con los ajustes para rodamientos de la clase 0 de tolerancia.

(Fig. 8-1) RELACIÓN DE LA GAMA DE TOLERANCIAS PARA LOS EJES (Mitad inferior) Y PARA LOS ALOJAMIENTOS DE LOS SOPORTES (Mitad superior) CON LOS AJUSTES PARA RODAMIENTOS DE LA CLASE # 0 DE TOLERANCIA.



8-3 SELECCIÓN DE AJUSTES.

Para la selección del ajuste adecuado, deben ser considerados los factores siguientes:

- *Dirección de la carga.
- *Características y magnitud de la carga.
- *Distribución de temperatura durante la operación
- *Juego interno de los rodamientos.
- *Acabado superficial, material y diámetro del eje y el alojamiento.

- *Métodos de montaje y desmontaje.
- *Necesidades de compensar la expansión térmica del eje en la superficie de ajuste.
- *Tipo y tamaño del rodamiento.

Selección de la Práctica de Ajuste.

8-4 Dirección de la Carga

La primera consideración que hay que hacer al elegir los ajustes en el eje y el alojamiento, es la dirección de la carga. La carga del rodamiento se puede dividir en tres tipos según su dirección: Carga giratoria en el anillo interior, carga giratoria en el anillo exterior, carga indeterminada.

a) Carga Giratoria en el Anillo Interior

La carga giratoria en el anillo interior es aquella que gira alrededor del camino de rodadura del anillo interior (considerada como carga circunferencial) durante una revolución del rodamiento, mientras queda fija en una posición (designada como carga puntual) en el camino de rodadura del anillo exterior. En este caso es probable que se produzca arrastre (mov. relativo) entre el anillo interior y el eje. Para impedir ésto, el anillo interior debe tener ajuste duro sobre

el eje, mientras que el ajuste en el alojamiento debe ser suave.

b) Carga Giratoria en el Anillo Exterior

En este caso la situación es inversa a la de la carga giratoria en el anillo interior. Por lo tanto es necesario utilizar un ajuste duro del anillo exterior en el alojamiento, mientras que el anillo interior puede tener un ajuste suave.

c) Carga Indeterminada

Cuando se añaden a la carga debida al peso del cuerpo rotativo una carga desequilibrada y/o una carga vibratoria, entonces la carga resultante es compleja tanto en dirección como en magnitud, por lo que se denomina "Carga indeterminada".

En este caso, a menudo es necesario emplear ajustes duros tanto en el anillo interior como en el exterior.

Cuadro 8-1: Ajustes Recomendados en los Ejes para Rodamientos Radiales ¹⁾

Tipo de Carga	Diámetro del Eje (mm)			Sistema de Tolerancias	Observaciones	Aplicaciones Típicas	
	Rodamientos de Bolas	Rodamientos de Rodillos Cilíndricos y Cónicos	Roll. en Rodillos Esféricos				
Rodamientos de Agujero Cilíndrico							
Carga giratoria en el anillo exterior	Anillo interior fijado con facilidad	Todos los diámetros del eje			g5	g5 y f5 se utilizan cuando se necesita alta precisión. Para rodamientos de gran dimensión puede utilizarse f6.	Ruedas sobre ejes (DIN)
	Anillo interior no fijado con facilidad	Todos los diámetros del eje			h6		Poleas, tenones, poleas para cables.
Carga giratoria en anillo interior o carga indeterminada	Cargas ligeras y Cargas fluctuantes (ISO 10-6)	Interior a 10	—	—	h5	[Para aplicaciones que exigen alta precisión se recomiendan otros: js5, k5 y m5 en lugar de j6, k6 y m6.]	Aplicaciones eléctricas, Máquinas herramientas, Bombas, Ventiladores, Transportadores
		Más de 10 hasta 100	Interior a 40	—	j6		
		Más de 100 hasta 200	Más de 40 hasta 140	—	k6		
	Cargas normales y cargas pesadas (ISO 10-8)	—	Más de 140 hasta 200	—	m6	En los rodamientos de rodillos cónicos de gran tamaño y en los rodamientos de bolas de contacto angular puede utilizarse k5 y n5 por k6 y m6, si no tiene que verificarse la reducción de juego debida al ajuste de interferencia.	Motores eléctricos, Turbinas, Bombas, Motores de combustión interna, Máquinas para la medida.
		Más de 10 hasta 100	Interior a 40	Interior a 40	j6		
		Más de 100 hasta 200	Más de 40 hasta 100	Más de 40 hasta 65	k5		
		—	Más de 100 hasta 140	Más de 65 hasta 100	m5		
		—	Más de 140 hasta 200	Más de 100 hasta 140	n5		
		—	Más de 200 hasta 400	Más de 140 hasta 280	p5		
	Cargas excepcionalmente pesadas y cargas de impacto (ISO 10-9)	—	—	Más de 280	r6	El juego del rodamiento debe ser superior al estándar.	Ejes de motores de aviación, Motores de tracción.
—		Más de 50 hasta 140	Más de 50 hasta 100	n6			
—		Más de 140 hasta 200	Más de 100 hasta 140	p6			
—	Más de 200	Más de 140	r6				
Sólo para cargas giratorias	Todos los diámetros de eje			js6/js6			

Nota: 1) Las tolerancias de ajuste indicadas se refieren a ejes macizos.

Cuadro 8-2: Ajustes recomendados en los ejes para rodamientos axiales

Tipo de Carga		Diámetro del Eje (mm)	Símbolo de Tolerancia
Cargas axiales puras (Rodamientos axiales de bolas y rodamientos axiales de rodillos esféricos)		Hasta 250	j6
		Más de 250	js6 o j6
Carga Combinada (Rodamientos axiales de rodillos esféricos)	Carga giratoria en el anillo exterior	Hasta 250	j6
		Más de 250	js6 o j6
	Carga giratoria en el anillo interior o carga indeterminada	Hasta 200	k6
		Más de 200 hasta 400	m6
Más de 400	n6		

Cuadro 8-3: Ajustes recomendados en los alojamientos para rodamientos radiales (Excepto rodamientos de bolas tipo magneto)¹⁾

Tipo de Carga		Símbolo de Tolerancia	Anillo exterior ²⁾	Observaciones	Aplicación Típica
Soporte de Una sola pieza, Carga giratoria en el anillo exterior	Carga fuerte o de impacto en el soporte de pared delgada	P7	No desplazable	Para rodamientos con un diámetro exterior más de 500mm se recomienda N7 en lugar de P7	Bujes de rueda con rodamientos de rodillos de cabezas de biela.
	Carga normal y pesada	N7		Para rodamientos con un diámetro exterior más de 500mm se recomienda M7 en lugar de N7	Bujes de rueda con rodamientos de bolas.
	Carga ligera y carga fluctuante	M7		—	Rodillos de banda transportadora, transportadores aéreos, poleas tensoras.
	Carga de impacto pesada	K7		—	Motores de tracción.
Soporte de una pieza o partido, Carga giratoria en el anillo interior	Carga pesada y normal, no se precisa desplazamiento axial del anillo exterior	K7	Normalmente no desplazable	—	Motores eléctricos, bombas, cigüeñales.
	Carga normal y ligera; es deseable el desplazamiento axial del anillo exterior	J7	Desplazable	Quando se requiere un alto grado de precisión, utilizar soporte de una sola pieza y sustituir K7, J7 y H7 por K6, J6 y H6.	Motores eléctricos, bombas, cigüeñales.
	Carga de impacto; llega a producirse pesadamente descarga completa	H7	Fácilmente desplazable	Para aplicaciones tales como equipos de transmisión puede utilizarse H8 en lugar de H7.	Ejes de vagón de ferrocarril.
	Todos los tipos de carga	H7		—	Aplicaciones generales de rodamientos, ejes de vagón de ferrocarril, equipos de transmisión de potencia.
	Trascisión de calor a través del eje	G7		—	Cilindros secadores.
Solamente carga axial	—	—	Utilizar una tolerancia adecuada para el diámetro interior del soporte de manera que se obtenga un juego radial entre el anillo exterior y el soporte.	—	

Nota: 1) Este cuadro es aplicable para soportes de hierro fundido o acero. Para soportes de aleación ligera se recomienda utilizar unos ajustes más duros que los indicados.

2) Indica la distinción entre aplicaciones de rodamientos no separables que requieren y no requieren desplazamiento axial de los anillos exteriores.

Cuadro 8-4: Ajustes recomendados en los alojamientos para rodamientos axiales

Tipo de Carga	Símbolo de Tolerancia	Aplicación Típica
Solamente carga axial (Todos los rodamientos axiales)	—	Utilizar una tolerancia ¹⁾ adecuada para el diámetro interior del soporte de manera que se obtenga un juego radial entre el anillo exterior y el soporte.
Carga Combinada (Rodamientos axiales de rodillos esféricos)	Carga giratoria en el anillo interior, o carga indeterminada	H7
	Carga giratoria en el anillo exterior	M7

Nota: 1) Se recomienda H8 cuando sea necesario montar con precisión un rodamiento axial de bolas

8-5 Tolerancias en ejes y alojamientos.

Para lograr los ajustes correctos de Deslizamientos (juegos) o de Interferencia (aprietes) de ejes o alojamientos en diámetros de anillos internos y externos de rodamientos, los fabricantes de rodamientos recomiendan los ajustes indicados en las tablas, los cuales son selecciones de grados de tolerancias dimensionales ISO para el caso específico de ajustes de rodamientos en ejes y alojamientos.

La precisión del mecanizado (tolerancia dimensional) de la superficie del asiento del rodamiento en el eje debe tener como mínimo grado 6 (variará entre 5 y 6) en el caso de que entre la superficie del eje y el rodamiento se interpongan manguitos de fijación o de desmontaje (caso de rodamientos con agujero cónico) se podrán utilizar tolerancias dimensionales superiores (grado 9 a grado 10) para la superficie del eje en contacto con el manguito.

**Cuadro 8-5: Tolerancias en los ejes (Desviaciones respecto a la dimensión nominal)
Ejes macizos de acero.**

Unidad: μm

Dia. Nominal (mm)	g6				h9	h8	h7	h6	h5	h4	h3	h2	h1	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r5	r7	Dia. Nominal (mm)	Tolerancias Básicas		Δ μm del rodam. (Clase O)	
	Más de	Hasta	IT5	IT7																						
3	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	5	12	0
5	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	6	15	0
10	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	18	8	18	0
18	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	30	9	21	0
30	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	50	11	25	0
50	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	85	13	30	0
80	-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	100	15	35	0
120	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	140	18	40	0
180	-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	200	20	46	0
250	-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	280	23	52	0
315	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315	355	25	57	0
400	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	450	27	63	0
500	-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	560	30	70	0
630	-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	630	710	33	77	0
800	-26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	900	36	84	0
1000	-28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1120	39	91	0
1250	-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250	1400	42	98	0
1600	-32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1600	1800	45	105	0
2000	-34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	2200	48	112	0

8-6 Tolerancias para la forma geométrica.

Las tolerancias para la cilindridad según ISO 1101-1983 debe estar entre 1 a 2 grados IT sobre la tolerancia de dimensiones utilizada (Ejm. si la tolerancia de mecanizado de un eje es de k6 la precisión de la forma cilíndrica debe ser IT5 o IT4). Para montaje sobre manguitos de fijación o de desmontaje la cilindridad de la superficie de asiento deberá ser IT5/2 para h9 e IT7/2 para h10 (para montaje sobre manguito siempre se mecaniza el eje con ajuste deslizante).

**Cuadro 8-6: Tolerancias en los alojamientos (Desviación respecto a la dimensión nominal)
Soportes de Fundición de Hierro o de Acero.**

Unidad: μm

Dia. Nominal (mm)		g6	H6	H7	H8	J6	J7	Js6	Js7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	Dia. Nominal (mm)		ΔD_{comp} del rodam. (Clase O)
Más de	Hasta																	Más de	Hasta	
10	18	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+6 -5	+10 -8	± 5.5	± 9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	10	18	0 -8
18	30	+28 +7	+13 0	+21 0	+30 0	+8 -5	+12 -9	± 6.5	± 10	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	18	30	0 -9
30	50	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+10 -6	+14 -11	± 8	± 12	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	30	50	0 -11
50	80	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+13 -6	+18 -12	± 9.5	± 13	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	50	80	0 -13
80	120	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+16 -6	+22 -13	± 11	± 17	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -33	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	80	120	0 -15
120	180	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+18 -7	+26 -14	± 12.5	± 20	-4 -21	12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -51	-36 -61	-28 -68	120	180	≤ 150 0-18 > 150 0-25
180	250	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+22 -7	+30 -16	± 14.5	± 23	-5 -24	13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	180	250	0 -30
250	315	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+25 -7	+36 -16	± 16	± 26	-5 -27	16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	250	315	0 -30
315	400	+79 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+29 -7	+39 -18	± 18	± 28	-7 -29	17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	315	400	0 -40
400	500	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+33 -7	+43 -20	± 20	± 31	-8 -32	18 -45	-10 -60	0 -63	-27 -67	-17 -80	-59 -95	-45 -108	400	500	0 -45
500	630	+92 +22	+44 0	+70 0	+110 0	-	-	± 22	± 33	0 -44	0 -70	-26 -70	-26 -96	-44 -88	-44 -114	-78 -122	-78 -148	500	630	0 -50
630	800	+104 +24	+50 0	+80 0	+125 0	-	-	± 25	± 40	0 -50	0 -80	-30 -80	-30 -100	-50 -100	-50 -130	-88 -138	-88 -168	630	800	0 -75
800	1000	+116 +26	+56 0	+90 0	+140 0	-	-	± 28	± 45	0 -56	0 -90	-34 -90	-34 -124	-56 -112	-56 -146	-100 -156	-100 -190	800	1000	0 -100
1000	1250	+133 +28	+66 0	+105 0	+165 0	-	-	± 33	± 52	0 -66	0 -105	-40 -106	-40 -145	-66 -132	-66 -171	-120 -186	-120 -225	1000	1250	0 -125
1250	1600	+155 +30	+78 0	+125 0	+195 0	-	-	± 39	± 62	0 -78	0 -125	-48 -126	-48 -173	-78 -156	-78 -203	-140 -218	-140 -265	1250	1600	
1600	2000	+182 +32	+92 0	+150 0	+230 0	-	-	± 46	± 75	0 -92	0 -150	-58 -150	-58 -208	-92 -184	-92 -242	-170 -262	-170 -320	1600	2000	
2000	2500	+209 +34	+110 0	+175 0	+280 0	-	-	± 55	± 87	0 -110	0 -175	-68 -178	-68 -243	-110 -220	-110 -285	-195 -305	-195 -370	2000	2500	

8-7 Prácticas de ajustes automotrices -probadas en campo- según aplicaciones.

Las prácticas de ajustes más comúnmente usadas según las aplicaciones se muestran a seguir. Hay que considerar la conversación a un ajuste equivalente cuando se requiere aplicar rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas. Para el campo automotriz se consideran los ajustes de acuerdo al componente...

Cuadro 8-7: **RUEDAS (mayormente vehículos de pasajeros/coche de turismo)**

Conf.	Rueda	Tipo	Eje	Alojamiento	Aro que gira	
Motor frontal/Tracción trasera	Delantera	1 par de rodamientos de rodillos cónicos	f6, h6	N7, P7, R7	Aro externo	
	Trasera	Suspensión semi-flotante	1 sólo rodam. de bolas	k6, m5, n5	N6, J6, H-K	Aro interno
			Tipo DAC...	k6	H7-K7	Aro interno
		Suspensión independiente	1 par de rodam. de rodillos cónicos	k6	H7, M6	Aro interno
1 par de rodam. de bolas.	n5		J6	Aro interno		
Motor frontal/Tracción delantera	Delantera	1 par de rodamientos de rodillos cónicos	h6	P7	Aro interno	
		"Ajuste-rápido", cartucho (46TDU..)	k6	P7, R7	Aro interno	
		Unidad de cubo con rodam. de rodillo cónicos (DUF..)	m6	-----	Aro interno	
		Tipo DAC...	j6, k6, m6	K7, R7-T7	Aro interno	
	Trasera	1 par de rodamientos de rodillos cónicos	F6	P7, R7	Aro externo	
		"Ajuste-rápido", cartucho (46TDU..)	(g6), m6	R7	Aro externo	
Tipo DAC...		m6	R7	Aro externo		

- (a) Materiales populares: acero para ejes, hierro fundido para alojamientos (FCA, FCD)
- (b) Si se usa el tipo DAC y el aro interno se atora, el juego interno axial después del montaje se deberá regular sobre -30 hasta +20 m
- (c) La precarga aplicada comúnmente para un par de rodamientos de rodillos cónicos es de aprox. 200 kgf.
- (d) Para los rodamientos de rodillos cónicos del tipo "ajuste-rápido" y de cartucho, para el juego interno axial después del montaje se aplica 80 m y sobre 400 kgf. como precarga.
- (e) Para rodamientos de bolas (uno sólo) en suspensiones de ejes flotantes se aplican juegos internos iniciales C3 y C4.

Cuadro 8-8: **DIFERENCIAL (rodamientos de rodillos cónicos en vehículos con motor delantero/tracción trasera)**

Elemento Componente	Eje	Alojamiento
Piñón/delantero	js6, j6	K7, M7, N7
Piñón/trasero	k6, m6, n6	N7, P7
Diferencial/lateral	n6, p6	M7, N7, P7

- (a) Hierro fundido dúctil es usado comúnmente como material para alojamientos.
- (b) Tanto ás pesada sea la carga y mayor el tamaño del rodamiento , más apretado será el ajuste (ver tabla arriba) .
- (c) Los ajustes más populares para automóviles son :j6 y M7para piñón/delantero, m6 y N7 para /trasero y n6 con M7 para diferencial/lateral.

Cuadro 8-9: TRANSMISIÓN (incluye motocicletas)

Tipos de rodamientos		Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos cilíndricos	Rodamientos de rodillos cónicos	
Elemento/tamaño	Diám. ext. rodam. (mm)				
Eje	Sobre...	Hasta...			
	---	18	j6	k6	k6
	18	40	k6	k6	k6
	40	65	k6	m6	m6
	65	100	k6	m6	m6
Alojamiento	Hierro fundido		H6 ó H7, J6 ó J7		
	Aleación ligera		M6 ó M7		

(a) Existen algunas tolerancias tales como H, J, K, M y N para las pruebas de campo de ajuste en alojamientos de aleaciones ligeras. De hecho la tolerancia de ajuste es determinada por la construcción de las unidades, dificultades de ensamble, etc.

(b) En casos de ajustes con precarga para rodamientos de rodillos cónicos, se usan ajustes flojos, ajustes de transición para el aro el interno (o el aro externo) el cual se ajusta por los lados para facilitar la operación.

(c) Es común aplicar rodamientos de bolas y de rodillos cilíndricos con juego interno C3.

ALTERNADORES

Para rodamientos rígidos de bolas popularmente se usan juegos internos iniciales del tipo CM.

Posición: delantera: Eje: g5, g6 Alojamiento: JS6, J7
 Posición: trasera: Eje: k5 Alojamiento: JS6, K7

BOMBAS DE AGUA

Para el eje o aro interno del rodamiento se tiene un ajuste de fabrica en la unidad.

Alojamiento: N7 (material: hierro fundido)
 Alojamiento: U7 (material: aleación de aluminio)

CIGÜEÑAL (Motocicletas, motores de propósitos generales)

Eje: j6, k6 (igual que ajustes generales para condiciones de carga pesada sobre el aro interno que gira)

Alojamiento: N6 ó N7, P6 ó P7, R6 ó R7 (aleaciones de aluminio)

(a) Desde que los rodamientos para cigüeñales están sometidos a cargas elevadas e indeterminadas, así como fuerte oscilación, el ajuste en el alojamiento es fuerte para evitar deslizamientos sobre el aro externo y su alojamiento (otra razón para los alojamientos hechos de aleaciones de aluminio). En Adición, para prevenir deslizamientos o contragolpes, también se usan pasadores espirales, pasadores de golpe, recubrimientos de nylon o bujes de acero entre el aro externo y su alojamiento.

(b) Frecuentemente se usan juegos internos C3 y C4.

VENTILADOR (embrague)

Eje: k6
 Alojamiento: U7 (material: aleación de aluminio)

9- Juego interno de los rodamientos

9-1 Definición

El juego interno del rodamiento se define como la distancia en que se puede mover ya sea el aro interno o aro externo cuando está inmobilizado el otro aro. Si el movimiento es en la dirección radial (ambos sentidos) entonces se llama juego radial interno y si es en la dirección axial (ambos sentidos) entonces se trata del juego axial interno.

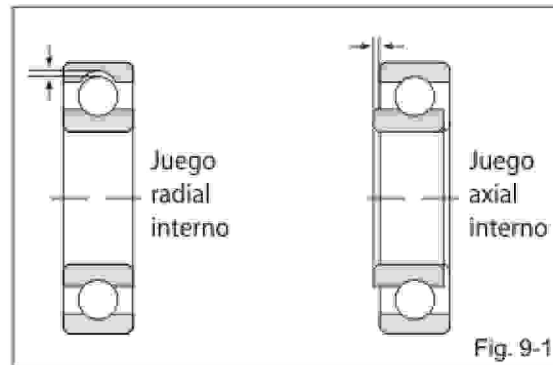


Fig. 9-1

Si se conoce el valor del juego radial interno de un rodamiento, se puede calcular también su juego axial interno a través de fórmulas mostradas abajo.

Rodamientos rígidos de bolas

$$\Delta a = \sqrt{\Delta r(4m_0 - \Delta r)}$$

Rodamientos de doble hilera de bolas con contacto angular

$$\Delta a = 2\sqrt{m_0^2 - (m_0 \cos \alpha - \Delta r/2)^2} - 2 m_0 \sin \alpha$$

Rodamientos de bolas con contacto angular apareados

$$\Delta a = 2 m_0 \sin \alpha - 2\sqrt{m_0^2 - (m_0 \cos \alpha + \Delta r/2)^2}$$

Rodamientos de rodillos cónicos de doble/cuatro hileras y apareados

$$\Delta a = \Delta r \cot \alpha / (1.5/e \Delta r)$$

Donde... Δa = juego axial interno (mm) Δr = juego radial interno (mm)

e = valor límite de Fa/Fr (mostrado en tablas de especificaciones) α = ángulo de contacto $m_0 = r_e + r_i - Da$

Siendo r_e = radio de curvatura del camino de rodadura externo(mm), r_i = radio de curvatura del camino de rodadura interno(mm),

Da = diám. bolas(mm)

La relación entre el juego radial y axial en los rodamientos rígidos de bolas de doble hilera de contacto angular o apareados puede verse gráficamente en las figuras 9-2 y 9-3

Fig. 9-2 Relación entre el Juego radial y axial interno en rodamientos rígidos de bolas

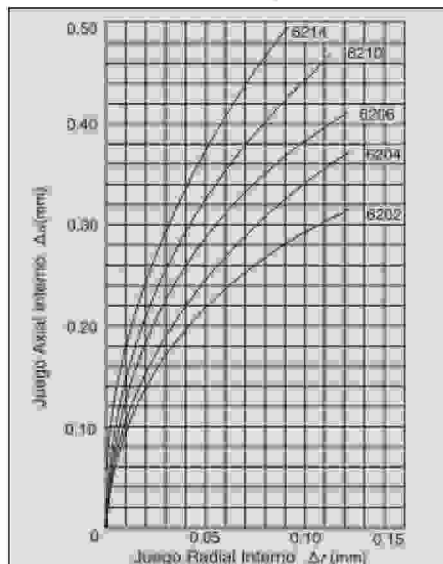
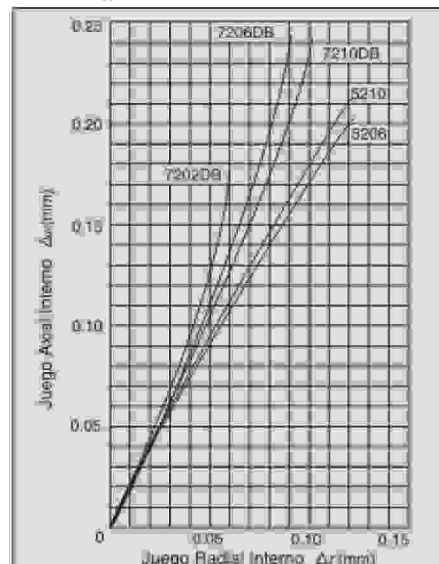


Fig. 9-3 Relación entre el Juego radial y axial interno en rodamientos de bolas de contacto angular de doble hilera o apareados



Cuadro 9-1: Juego radial interno de los rodamientos de bolas (Agujero cilíndrico)

Unidad: μm

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

Nota 1) Para el cálculo del juego interno, se deberán añadir los factores de corrección que se especifican a continuación, debido al juego radial que se origina en el momento de aplicar la carga al rodamiento.
Para los factores de corrección de juego interno de la columna C2, el valor menor se le aplicará al juego mínimo, el valor mayor para el juego interno máximo.
2) Los valores escritos en itálica están basados en las normas Koyo.

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Medida de la carga N	Cantidad de la corrección del juego, μm				
			C 2	C N	C 3	C 4	C 5
Más de	Hasta						
2.5	18	24.5	3 - 4	4	4	4	4
18	50	49	4 - 5	5	6	6	6
50	280	147	6 - 8	8	9	9	9

Cuadro 9-2: Juego radial interno de los rodamientos de bolas miniatura y extraminiatura

Unidad: μm

Código del juego interno	M 1		M 2		M 3		M 4		M 5		M 6	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Juego	0	5	3	8	5	10	8	13	13	20	20	28

[Nota] Para la corrección en la medición del juego deberán añadirse las siguientes cantidades.

Medida de la carga N	Cantidad de la corrección del juego, μm					
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
2.3	1	1	1	1	1	1

Para rodamientos de bolas extrapequeños: 9 mm o más en diámetro exterior y menos de 10 mm en diámetro interior.
Para rodamientos miniatura : menos de 9 mm de diámetro exterior.

Cuadro 9-3: Juego axial interno de los rodamientos de bolas de contacto angular apareados (medida del juego)

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Angulo de Contacto, 15°				Angulo de Contacto 30°								Angulo de Contacto 40°							
		Juego G2		Juego estándar		Juego G2		Juego estándar		Juego G3		Juego G4		Juego G2		Juego estándar		Juego G3		Juego G4	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
-	10	13	33	33	53	3	14	10	30	30	50	50	70	2	10	6	18	16	30	26	40
10	18	15	35	35	55	3	16	10	30	30	50	50	70	2	12	7	21	18	32	28	44
18	24	20	40	45	65	3	20	20	40	40	60	60	80	2	12	12	26	20	40	30	50
24	30	20	40	45	65	3	20	20	40	40	60	60	80	2	14	12	26	20	40	40	60
30	40	20	40	45	65	3	20	25	45	45	65	70	90	2	14	12	26	25	45	45	65
40	50	20	40	50	70	3	20	30	50	50	70	75	95	2	14	12	30	30	50	50	70
50	65	30	55	65	90	8	27	35	60	60	85	90	115	5	17	17	35	35	60	60	85
65	80	30	55	70	95	10	28	40	65	70	95	110	135	6	18	18	40	40	65	70	95
80	100	35	60	85	110	10	30	50	75	80	105	130	155	6	20	20	45	55	80	85	110
100	120	40	65	100	125	12	37	65	90	100	125	150	175	6	25	25	50	60	85	100	125
120	140	45	75	110	140	15	40	75	105	120	150	180	210	7	30	30	60	75	105	125	155
140	160	45	75	125	155	15	40	80	110	130	160	210	240	7	30	35	65	85	115	140	170
160	180	50	80	140	170	15	45	95	125	140	170	235	265	7	31	45	75	100	130	155	185
180	200	50	80	160	190	20	50	110	140	170	200	275	305	7	37	60	90	110	140	170	200

Nota: 1) El juego medido incluye el incremento del juego debido a la carga aplicada.

2) El juego G2 se aplica a los rodamientos de bolas de contacto angular del tipo "G".

Cuadro 9-4: Juego Radial Interno de los Rodamientos de Bolas de Doble Hilera de Contacto Angular

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno					
		CD 2		Estándar		CD 3	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
2.5	10	0	7	2	10	8	18
10	18	0	7	2	11	9	19
18	24	0	8	2	11	10	21
24	30	0	8	2	13	10	23
30	40	0	9	3	14	11	24
40	50	0	10	4	16	13	27
50	65	0	11	6	20	15	30
65	80	0	12	7	22	18	33
80	100	0	12	8	24	22	38
100	120	0	13	9	25	24	42
120	140	0	15	10	26	25	44
140	160	0	16	11	28	26	46
160	180	0	17	12	30	27	47
180	200	0	18	14	32	28	48

Cuadro 9-5: Juego Radial interno de los Rodamientos de Bolas Autoalineables

1) Agujero Cilíndrico

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
2.5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108
80	100	9	27	22	48	42	70	64	95	89	124
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145
120	140	10	36	30	68	60	100	90	135	125	175
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210

2) Agujero Cónico

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42	37	55
24	30	9	20	15	26	23	39	33	50	44	62
30	40	12	24	19	35	29	48	40	59	52	72
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65	58	79
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80	73	99
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98	91	123
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116	109	144
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139	130	170
120	140	40	68	60	98	90	130	120	165	155	205
140	160	45	74	65	110	100	150	140	191	180	240

Cuadro 9-6: Juego radial interno de rodamientos para motores eléctricos

1) Rodamientos Rígidos de Bolas

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno	
		CM	
Más de	Hasta	Min.	Máx.
10 ¹⁾	18	4	11
18	30	5	12
30	50	9	17
50	80	12	22
80	120	18	30
120	160	24	38

Nota: 1) 10mm está incluido.

2) Rodamientos de Rodillos Cilíndricos

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno			
		Intercambiable CT		No Intercambiable CM	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.
24	40	15	35	15	30
40	50	20	40	20	35
50	65	25	45	25	40
65	80	30	50	30	45
80	100	35	60	35	55
100	120	35	65	35	60
120	140	40	70	40	65
140	160	50	85	50	80
160	180	60	95	60	90
180	200	65	105	65	100

Nota: Intercambiable solamente con productos del mismo fabricante.

Cuadro 9-7 Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de agujas con anillo mecanizado

(1) Rodamientos con agujero cilíndrico

Unidad: μm

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

(2) Rodamientos con agujero cónico

Unidad: μm

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

Nota 1) El juego C 9 NA es aplicado a los rodamientos de rodillos cilíndricos con agujero cónicos de las clases 4 y 5 (JIS)

Cuadro 9-8: Juego radial interno de los rodamientos de rodillos esféricos

(1) Rodamientos con agujero cilíndrico

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570

(2) Rodamientos con agujero cónico

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1090	1090	1360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1220	1220	1500
800	900	440	640	640	840	840	1070	1070	1370	1370	1690
900	1000	490	710	710	930	930	1190	1190	1520	1520	1860

Cuadro 9-9: Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cónicos de doble/cuatro hilera y apareados (Agujero Cilindrico)

Unidad: μm

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno									
		C1		C2		Estándar		C3		C4	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
14	18	0	10	10	20	20	30	30	40	40	50
18	24	0	10	10	20	20	30	30	40	40	55
24	30	0	10	10	20	20	30	30	45	45	60
30	40	0	12	12	25	25	40	40	55	55	75
40	50	0	15	15	30	30	45	45	60	60	80
50	65	0	15	15	30	30	50	50	70	70	90
65	80	0	20	20	40	40	60	60	80	80	110
80	100	0	20	20	45	45	70	70	100	100	130
100	120	0	25	25	50	50	80	80	110	110	150
120	140	0	30	30	60	60	90	90	120	120	170
140	160	0	30	30	65	65	100	100	140	140	190
160	180	0	35	35	70	70	110	110	150	150	210
180	200	0	40	40	80	80	120	120	170	170	230
200	225	0	40	40	90	90	140	140	190	190	260
225	250	0	50	50	100	100	150	150	210	210	290
250	280	0	50	50	110	110	170	170	230	230	320
280	315	0	60	60	120	120	180	180	250	250	350
315	355	0	70	70	140	140	210	210	280	280	390
365	400	0	70	70	150	150	230	230	310	310	440
400	450	0	80	80	170	170	260	260	350	350	490
450	500	0	90	90	190	190	290	290	390	390	540
500	560	0	100	100	210	210	320	320	430	430	590
560	630	0	110	110	230	230	350	350	480	480	660
630	710	0	130	130	260	260	400	400	540	540	740
710	800	0	140	140	290	290	450	450	610	610	830
800	900	0	160	160	330	330	500	500	670	670	920

9-2 Selección del juego interno

La magnitud del juego de trabajo es un factor importante del cual dependen el funcionamiento y vida del rodamiento. A título ilustrativo se muestra en la figura 9-4 la relación entre el juego de trabajo y la vida de fatiga de un rodamiento de bolas típico y de un rodamiento de rodillos cilíndricos. En ambos casos puede verse que la vida de fatiga máxima se puede obtener con un juego de trabajo ligeramente negativo.

Sin embargo en la práctica resulta más seguro tratar de obtener un juego de trabajo algo superior, a la vista de las tolerancias admitidas en las dimensiones relacionadas, así como la variación temperatura del trabajo.

Para los rodamientos de bolas, el juego deseable es tal que el valor medio de la gama de juegos de trabajo quede del lado positivo, próximo a cero. Para los rodamientos de rodillos es deseable que el valor mínimo de la misma gama se encuentre en la misma zona.

Cuando se requiera una gran rigidez, o cuando sea necesario reducir al mínimo el ruido, entonces se especifica un juego reducido para que el juego de trabajo pueda quedar más del lado negativo, es decir que se obtenga una precarga. Por otra parte, generalmente se elige un juego superior al estándar cuando se prevea una temperatura de trabajo elevada.

Es importante elegir el juego antes del montaje de tal manera que se obtenga un juego de trabajo óptimo de acuerdo con las condiciones de trabajo específicas.

A continuación se describe el método para calcular el juego de trabajo para el caso de ejes y alojamientos de acero.

Juego de trabajo (S):

En general el juego de trabajo puede obtenerse mediante la siguiente fórmula

$$S = S_0 - (S_f + S_{t1} + S_{t2}) + S_w$$

Donde

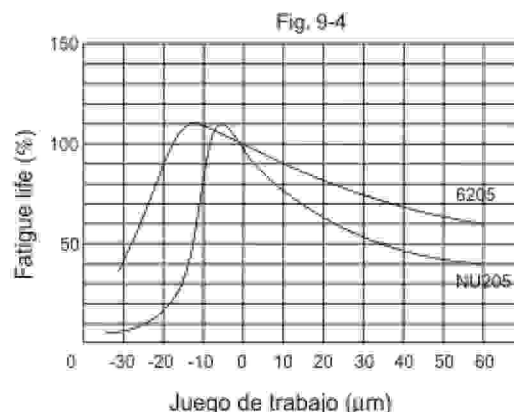
S_0 = Juego antes del montaje (mm)

S_w = Incremento del juego debido a la carga (mm)

S_f = Reducción de juego debido a la magnitud de interferencia (mm)

S_{t1} = Reducción de juego debido a la diferencia de temperatura entre los aros int. y ext. (mm)

S_{t2} = Reducción del juego debido a la expansión térmica de los elementos rodantes (mm)



Cuadro 9-10: Ejemplos de selección de juegos internos no estándares

Condiciones de servicio	Aplicaciones	Selección del juego int.
En caso de cargas pesadas y cargas de impacto. Ajuste con gran interferencia	Muñón de ejes en carros ferroviarios	C3
En caso de cargas vibratorias, cargas de impacto. Ajuste de interferencia en ambos aros interno y externo.	-Cribas vibratorias -Motores de tracción de ferrocarriles -Caja reductora final de tractores	C3, C4 C4 C4
Cuando existe gran flexión de ejes	Ruedas en ejes tractores de automóviles	C5
Cuando el eje y aro interno son calentados	-Secadores en máquinas papeleras -Rodillos de mesas laminadoras	C3, C4 C3
Cuando existe ajuste deslizante en los aros interno y externo.	Cuellos de rodillos laminadores	C2
Cuando el ruido y la vibración durante el funcionamiento deben ser reducidos	Micro-motores eléctricos	C1, C2, CM
Cuando el juego interno debe ser ajustado con el fin de reducir la desviación del eje.	Husillos de máquinas-herramientas (Tornos)	C9NA, C1NA

10- Precarga de los rodamientos

PRECARGA DE LOS RODAMIENTOS

Los rodamientos en operación requieren una holgura de funcionamiento positiva o negativa, según la aplicación, generalmente, la holgura de funcionamiento debe ser positiva, es decir, aunque pequeña, el rodamiento al girar debe tener una determinada holgura residual, sin embargo, existen muchos casos en que es preferible una holgura de funcionamiento negativa, o sea una precarga.

La carga axial, definida como "precarga", es frecuentemente aplicada a los rodamientos de bolas de contacto angular y a los rodamientos de rodillos cónicos.

10-1 Propósitos de la precarga.

*Aumentar la rigidez de la disposición de los rodamientos o incrementar la exactitud de giro, tal es el caso de los rodamientos del piñón de ataque en las transmisiones de vehículos a motor, husillos de máquinas-herramientas, etc.

*Minimizar el ruido anormal debido a vibración o resonancia.

*Mantener los elementos rodantes en correcta posición relativa con la pista de rodadura.

*Compensar el desgaste y el asentamiento debido al funcionamiento.

*Prolongar la vida de servicio.

Ahora bien, dado que la precarga puede afectar la vida de los rodamientos, la temperatura de trabajo y el par de fricción, el valor de la precarga no debe ser excesivo. Es importante elegir un valor de precarga adecuado según los fines y las condiciones de trabajo.

10-2 Método de precarga de los rodamientos

La precarga puede darse bien por el método de posicionado o por el método de

muelles (presión constante).

En el primer caso se utiliza una contratuerca, paquete de suplementos o unos separadores para colocar uno de los anillos en una posición determinada con relación al otro anillo.

En el segundo método se utiliza un resorte helicoidal o de membrana, para aplicar una presión constante al rodamiento.

Comparación entre los dos métodos:

*Para el mismo valor de precarga el método de posicionado brinda una mayor rigidez axial, debido al menor desplazamiento longitudinal del rodamiento.

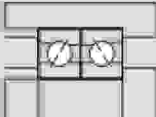
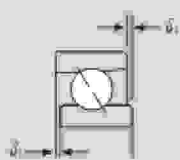
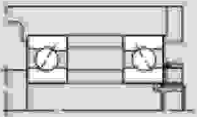
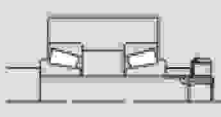
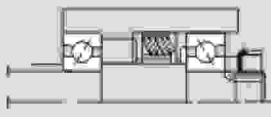
*El método de posicionado permite aplicar con facilidad grandes precargas. Sin embargo, es más probable que la precarga obtenida por este método llegue a ser excesiva durante las condiciones de trabajo, debido a las diferencias de temperatura entre el eje y el alojamiento.

*El método de muelles (presión constante) permite aplicar una precarga más estable durante el trabajo, así como pequeñas variaciones en la magnitud de la carga. Esto es gracias a que el resorte puede absorber las fluctuaciones de carga y las diferencias de temperaturas entre el eje y el alojamiento durante la operación.

Cuando se adopta este método, hay que tener cuidado con el sentido y magnitud de la carga axial durante las condiciones de trabajo, ya que si se produce una carga axial de sentido opuesto y magnitud superior a la precarga, esta quedará anulada.

Consecuentemente, el método de posicionado es más apto para aplicaciones que requieren alta rigidez, mientras que la constante presión de precarga (método de muelles) es ideal para aplicaciones que exijan altas velocidades de rotación, prevención de la vibración en dirección axial, y también es utilizado en los rodamientos de empuje axial (rodamientos axiales de rodillos esféricos) montados en ejes horizontales.

Cuadro 10-1: METODOS DE PRECARGA DE RODAMIENTOS

*Método de posicionado		*Método de resortes (presión constante).	
 <p>*Precarga para rodamientos apareados con diferencias de espesor en las caras ajustables en el montaje</p> 	 <p>*Precarga usando espaciadores con dimensiones definidas</p>	 <p>*Precarga usando contra-tuercas o aros ajustables para la dirección axial. (En este caso, el momento de fricción inicial durante el montaje debe ser medido para lograr la precarga adecuada.</p>	 <p>*Precarga usando resorte helicoidal o resorte de membrana.</p>

10-3 Magnitud de la precarga

Como se dijo, en los rodamientos de bolas de contacto angular y los rodamientos de rodillos cónicos frecuentemente se montan aplicando una cierta magnitud de carga axial al rodamiento.

También los rodamientos axiales de bolas y los rodamientos axiales de rodillos esféricos se precargan para mantener los elementos rodantes en sus posiciones adecuadas.

La magnitud de la precarga puede determinarse midiendo bien el desplazamiento axial, o la propia carga axial aplicada o el par de arranque del rodamiento. Cuando se utiliza el primero de los métodos es necesario conocer la relación entre la carga axial aplicada y el desplazamiento axial. Se han desarrollado numerosas fórmulas de carácter experimental para diversos tipos de rodamientos.

En caso de rodamientos de rodillos cónicos, de bola de contacto angular y axiales que son los tipos corrientes a los cuales se aplica precarga, se puede estimar la magnitud del desplazamiento axial por la fórmulas siguientes:

<p>Rodamientos de bolas de contacto angular</p> $\delta_a = \frac{4.36}{\text{sen } \alpha} \sqrt[3]{\frac{Q^2}{D_a}} \times 10^{-4} \dots\dots (4-18)$
<p>Rodamientos de rodillos cónicos</p> $\delta_a = \frac{7.69}{\text{sen } \alpha} \cdot \frac{Q^{0.9}}{l_{\text{eff}}^{0.8}} \times 10^{-5} \dots\dots (4-19)$
<p>Rodamientos axiales bolas</p> $\delta_a = \frac{5.24}{\text{sen } \alpha} \sqrt[3]{\frac{Q^2}{D_a}} \times 10^{-4} \dots\dots (4-20)$

siendo,

δ_a = Magnitud del desplazamiento axial (mm)

Q = Carga aplicada a cada elemento rodante
 = $F_a / Z \text{ sen } \alpha$ (N)

D_a = Diámetro de bolas (mm)

l_{eff} = Longitud efectiva de rodillos (mm)

F_a = Carga axial (N)

α = Ángulo de contacto

Z = Número de elementos rodantes

La carga excesiva en los rodamientos de bolas de contacto angular da lugar a que aumente el ángulo de contacto

11- Lubricación de rodamientos

LUBRICACION DE LOS RODAMIENTOS

11-1 Propósitos y métodos de la lubricación.

La lubricación es uno de los factores más importantes para determinar el rendimiento y la vida de los rodamientos.

La calidad del lubricante y el método de lubricación tienen una influencia dominante en la duración de los rodamientos.

1- Función del lubricante.

* Lubricar cada parte de los rodamientos y reducir la fricción y el desgaste.

*Evacuar el calor generado dentro del rodamiento debido a la fricción y a otras causas.

*Cubrir con una película de lubricante las superficies en contacto de rodadura para prolongar la vida de los rodamientos.

*Prevenir la corrosión y la contaminación por suciedad o materias extrañas.

La lubricación de los rodamientos es clasificada ampliamente en dos categorías: lubricación por grasa y lubricación por aceite.

El cuadro 8, muestra una comparación entre los dos tipos más difundidos de lubricación

2- Cuadro 11-1: COMPARACION ENTRE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES.

ítem	Grasa	Aceite
Sistema de sellado.	Fácil.	Ligeramente complicado y especial cuidado requerido para el mantenimiento.
Capacidad de lubricación.	Buena.	Excelente.
Velocidad.	Baja y media velocidad.	Considerado como bueno para altas velocidades.
Relubricación.	Ligeramente difícil.	Fácil.
Vida del lubricante.	Relativamente corta.	Larga.
Efecto refrigerante.	Bajo o nada.	Bueno (circulación necesaria).
Filtración de suciedad.	Difícil.	Fácil.

Existen actualmente 3 formas o tipos de lubricación: la lubricación líquida (por aceite), la lubricación semi-sólida (por grasa) y la lubricación sólida (por elementos o compuestos sólidos, ejemplo: compuestos de molibdeno añadidos como aditivos, recubrimientos con Ag, Au, y otros elementos). De la formas enunciadas, nos

referiremos principalmente a la lubricación por grasa y por aceite, las cuales abarcan la casi totalidad de casos actualmente.

La lubricación sólida se reserva para maquinaria y condiciones muy especiales, tales como equipos al vacío, de rayos X, aceleradores atómicos, etc.

11-2 LUBRICACIÓN CON GRASA

Las grasas son mezclas semisólidas de un lubricante fluido (llamado "aceite base") y de un agente espesador (llamado "espesante"), el cual es un jabón metálico.

La grasa ha ido ganando aceptación como lubricante para rodamientos, en parte debido a las recientes mejoras en cuanto a calidad y funcionamiento de la misma y en parte por las ventajas inherentes de facilidad de manejo (no necesidad de relubricación por largos períodos una vez aplicada) y requisitos de obturación sencillos. Existen dos métodos de lubricación con grasas: uno es el método de lubricación cerrada, en el cual la grasa se introduce dentro de un rodamiento sellado u obturado; el otro es el método de realimentación, en el que el rodamiento, así como el alojamiento, son rellenos con grasa en una cantidad adecuada y luego relubricados a intervalos regulares a través de agujeros específicos.

Algunos dispositivos o equipos con numerosas entradas para engrasar, emplean el método de lubricación centralizada, en el cual estas entradas se conectan a través de tubos y se suministra grasa en forma simultánea.

La mayoría de las grasas para rodamientos, se componen de un aceite base mineral y de una base de jabón metálico, que puede ser de litio, sodio o calcio. Para aplicaciones especiales se necesitan aceites sintéticos tales como aceite de silicona, aceite diéster o poliglicol. Ocasionalmente se utilizan espesantes que no sean a base de jabón (por ejm. bentonita, gel de sílice, urea), según las aplicaciones.

Además, a menudo se usan según la necesidad diversos aditivos, por ejemplo: aditivos de extrema presión, inhibidores de la oxidación, etc.

1- Cantidad de grasa.

En general la grasa debe aplicarse en una cantidad suficiente para cubrir totalmente

el rodamiento y aproximadamente de un tercio a la mitad del espacio libre del alojamiento (i.e 30% al 50%), a pesar de que esta cantidad puede variar de acuerdo a la velocidad de funcionamiento del rodamiento, temperatura de trabajo, etc.

Se debe tener siempre en cuenta, que una excesiva cantidad de grasa generará más calor en movimiento, y consecuentemente podrá envejecerse, deteriorarse o tornarse demasiado suave. Para rodamientos en soportes de pie (u otros), se debe llenar completamente el rodamiento, mientras que en 1/3 ó más el espacio libre del soporte.

Cuando el rodamiento está funcionando a bajas velocidades de rotación, el espacio libre del soporte en ocasiones podrá lubricarse con grasa de dos tercios (2/3) a completamente con la intención de evitar la penetración de partículas extrañas (Ejm. equipos agrícolas y de transmisión de poder).

Las siguientes fórmulas pueden ser utilizadas como una guía para la cantidad de grasa inicial requerida.

Para rodamientos de bolas:

$$G = \frac{B^{2.5}}{900} \text{ (gms).} \quad G = \frac{B^{2.5}}{7.85} \text{ (oz).}$$

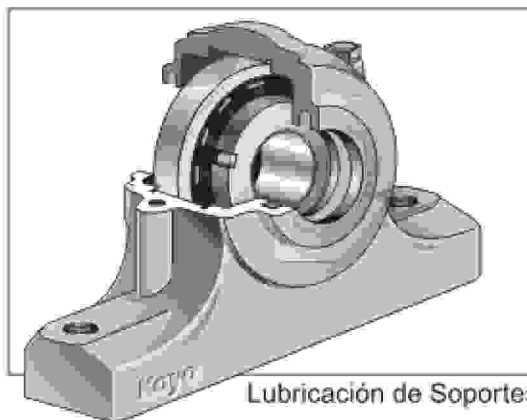
Para rodamientos de rodillos.

$$G = \frac{B^{2.5}}{350} \text{ (gms).} \quad G = \frac{B^{2.5}}{3.05} \text{ (oz).}$$

Donde:

G=Cantidad inicial de grasa. (gms,oz.)

B=Agujero del rodamiento (mm,pulg.)



Lubricación de Soportes

2- Relubricación con grasa.

El método de rellenar/reemplazar grasa depende ampliamente del sistema de lubricación usado.

Cualquier método que se utilice debe proveer grasa limpia y mantener la suciedad fuera del alojamiento del rodamiento. También es deseable que la grasa aplicada sea de la misma clase de la que tiene el rodamiento en todo lo posible. Cuando se está relubricando con grasa, se debe utilizar grasa nueva y no contaminada.

La cantidad de grasa nueva (relubricación), estará en función de las dimensiones del rodamiento y podrá determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$G = 0.005 \times D \times B$$

Donde:

G - Cantidad de Grasa, en gramos.

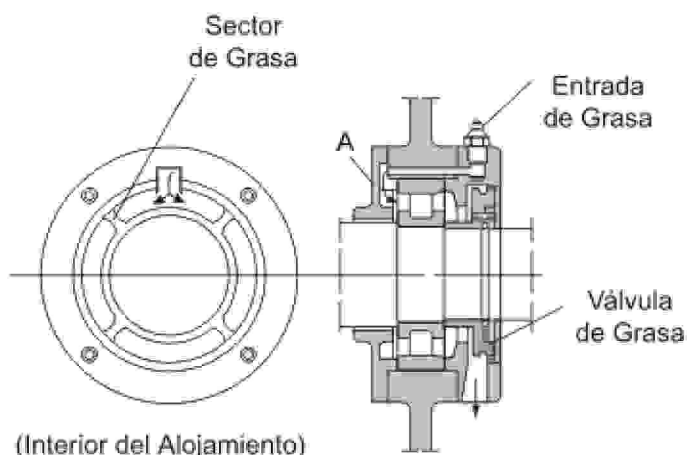
D - Diámetro exterior del rodamiento en milímetros.

B - Ancho del rodamiento en milímetros.

Válvulas de Grasa:

Cuando un rodamiento trabaja a altas velocidades de rotación y exige una relubricación frecuente, existe la posibilidad de una acumulación de grasa, lo cual impedirá el libre giro de los elementos rodantes y por consiguiente, provocará el sobrecalentamiento del rodamiento.

La válvula de grasa ha sido diseñada con la finalidad de evitar este fenómeno, ya que la misma es una especie de anillo deflector, destinado a expulsar la grasa vieja, aprovechando para ello la fuerza centrífuga de un disco que gira junto con el eje.



En el ejemplo que mostramos, el interior del alojamiento está dividido por sectores de grasa, la grasa nueva es inyectada, llenando un sector y obligando a la grasa vieja a fluir hacia el otro sector, de donde es expulsada fuera del alojamiento por medio de la válvula de grasa.

3- Intervalos de Reengrase.

Para sustituir la grasa se aplicarán las mismas precauciones que para el reengrase.

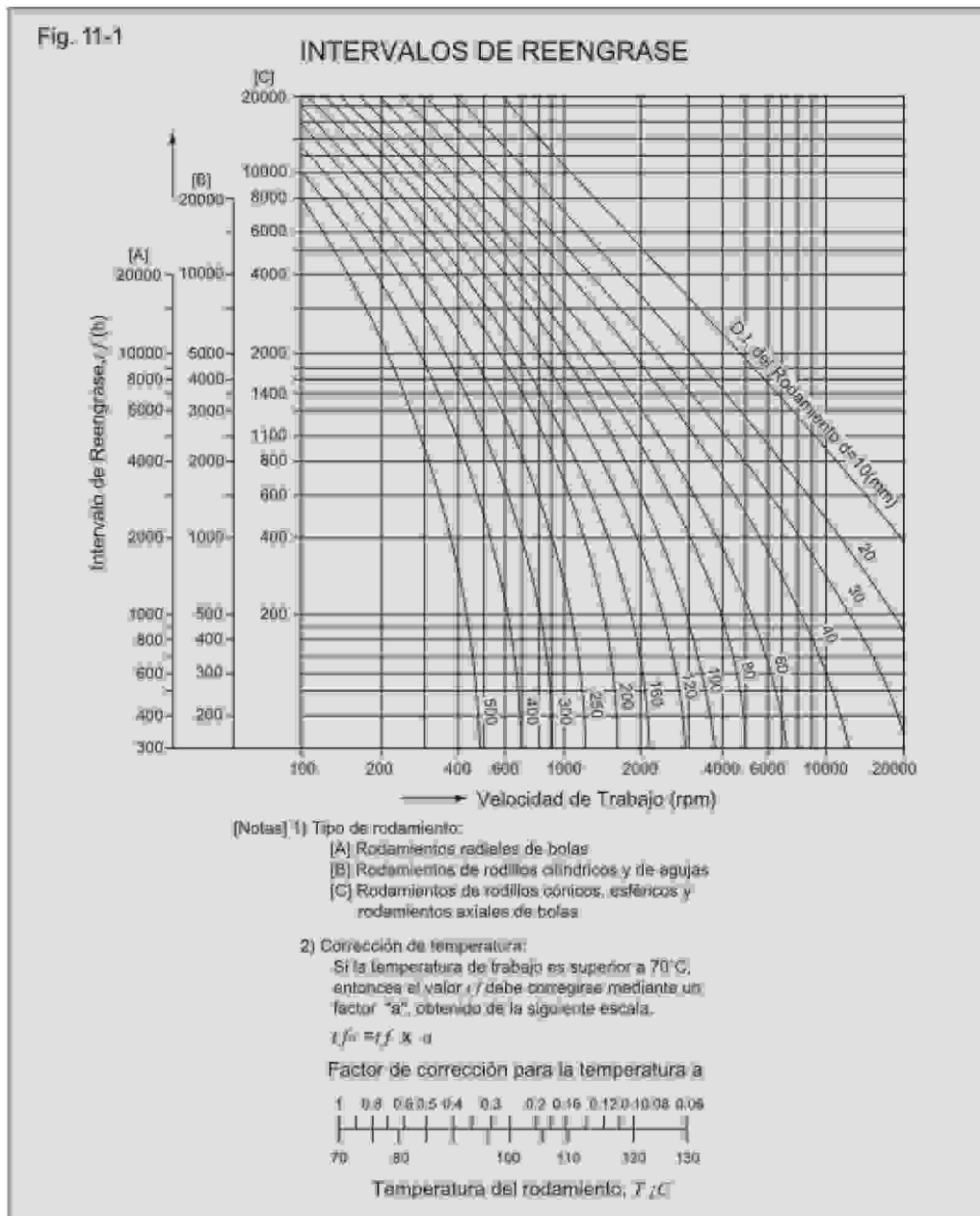
Dado que los intervalos de sustitución dependen en parte de la grasa, será necesario conocer bien el tipo y características de la grasa utilizada.

La vida de la grasa varía notablemente según su tipo y calidad, y también estará

determinada por el tipo de rodamiento, condiciones de trabajo, temperatura, penetración de materias extrañas y agua.

En condiciones de trabajo normales, la vida de la grasa será aproximadamente la indicada en el gráfico respectivo de intervalos de reengrase.

Es recomendable utilizar este diagrama como orientación para el reengrase y sustitución de la grasa.



4- Vida de la grasa en los rodamientos de bolas sellados/obturados (prelubricados).

La vida de la grasa en un rodamiento de bolas pre-engrasado puede obtenerse por aproximación mediante la fórmula siguiente:

$$\log. L = 6.10 - 4.40 \times 10^{-6} d_m n$$

$$- 2.50 \left(\frac{P}{C_e} - 0.05 \right)$$

$$- (0.021 - 1.80 \times 10^{-3} d_m n) T \quad (4 - 21)$$

siendo,

L = Vida de la grasa (h)

$$d_m = \frac{D + d}{2} \quad (m m)$$

(D: Diámetro exterior del rodamiento,
d: Diámetro interior del rodamiento)

n = Velocidad de trabajo (rpm)

P = Carga radial equivalente (N)

C_e = Carga dinámica efectiva del rodamiento (N)

T = Temperatura del rodamiento (°C).

En el cálculo anterior, los valores de T, d_mn y P / C_e están sujetos a las siguientes condiciones:

- (1) Temperatura del rodamiento, T °C.
Si la temperatura del rodamiento es inferior a 50 °C, utilizar T=50.
Si la temperatura del rodamiento es superior a 120 °C, consultar al servicio de ingeniería de Koyo.
- (2) Velocidad de trabajo, d_mn
Utilizar d_mn = 12.5x10⁴, si la velocidad de trabajo es menor a 12.5 x 10⁴ d_mn.
Consultar al servicio de ingeniería de Koyo si la velocidad de trabajo es superior a 50 x 10⁴ d_mn
- (3) Carga del rodamiento P/Ce
Si P/Ce es inferior a 0.05 utilizar P/Ce = 0.05.
Consultar al servicio de ingeniería de Koyo si P/Ce es superior a 0.2.

5- Componentes de las grasas.

A continuación algunos conceptos básicos de los componentes elementales de las grasas, así como de características específicas y recomendaciones.

a- Aceite base

El aceite mineral es comúnmente utilizado como aceite base para la grasa. Cuando se requiera la estabilización del lubricante a bajas temperaturas de trabajo o alguna otra condición especial sea exigida, el aceite silicón, aceite diéster, aceite poliglicol, aceite fluorado u otro aceite sintético es muchas veces usado. Generalmente, la grasa con un aceite base de baja viscosidad, es apta para aplicaciones a bajas temperaturas o a altas velocidades de rotación, mientras que la grasa con un aceite base de alta viscosidad es apta para aplicaciones a altas temperaturas o bajo cargas pesadas.

b- Jabones espesantes

La mayoría de las grasas usan un jabón espesante metálico, como por ejemplo, a base de litio, sodio o calcio.

Sin embargo, para algunas aplicaciones, sustancias inorgánicas, tales como la bentonita, sustancias orgánicas como úrea compuesta, fluor compuesto, etc. son también utilizadas como jabón espesante.

En general, la estabilidad mecánica, la temperatura de operación de los rodamientos, resistencia al agua y otras características de las grasas son determinadas por el jabón espesante.

*Grasa con jabón espesante a base de Litio: Superior en resistencia al calor, resistencia al agua y estabilidad mecánica.

*Grasa con jabón espesante a base de Sodio: Superior en resistencia al calor, inferior en resistencia al agua.

*Grasa sin jabón espesante base: Superior en resistencia al calor.

c- Aditivos:

Varios aditivos son selectivamente usados para servir a los respectivos propósitos de las aplicaciones de las grasas.

*Agentes de extrema presión (cuando los rodamientos deben tolerar carga pesada o de impacto).

*Inhibidores de oxidación (cuando la grasa no es reemplazada por un largo período de tiempo).

*Estabilizadores de estructura y los impedidores de la corrosión son también utilizados.

6- Consistencia

Las consistencia o dureza de una grasa se expresa por su índice de penetración, y es semejante a la viscosidad de un aceite. Al elegir la grasa, esta característica es un factor tan importante como los tipos de espesantes y aceites base, y viene determinada por la proporción de ambos y las condiciones de formulación. El índice de penetración de una grasa puede determinarse de acuerdo con ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales), dejando que un émbolo metálico en forma de cono penetre en la grasa a 25°C. La profundidad de penetración se mide en mm y multiplicada por 10, es el índice de penetración. En la práctica se suele hacer referencia mas bien, a una escala de penetración preparada por el NLGI (Instituto Nacional Americano de Grasas Lubricantes). En la tabla siguiente se establece la relación entre esta escala con el índice de penetración de la ASTM.

Es imperativo que la temperatura de trabajo del rodamiento se encuentre siempre dentro del rango de la temperatura de operación especificada para la grasa que se emplea. Aunque unas grasas más suaves ofrecen una mejor lubricación, también es probable que se agiten. Al agitarse la grasa tiende a provocar elevación de temperatura y

fugas, por lo que debe tenerse en cuenta esta característica al elegir la penetración de la misma. Para condiciones de trabajo normales, se utilizan generalmente grasas con un número NLGI del 0 al 3, si la velocidad de trabajo del rodamiento es más alta, se deberá elegir una grasa algo más dura, de alta estabilidad mecánica.

7- Mezclado de diferentes tipos de grasas.

Dado que el mezclado de grasas de diferentes tipos cambia las propiedades de cada una de éstas, las grasas de distintas marcas no deben mezclarse.

Generalmente, las mezclas de grasas con la misma base de jabón tienen influencias pequeñas en las características de las grasas, mientras que si se mezclan grasas con diferentes bases de litio y sodio, entonces las propiedades de las grasas pueden verse muy afectadas. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que se debe proceder con cuidado, incluso, cuando se mezclan grasas con la misma base de jabón. Si el mezclado de las grasas es algo inevitable, se debe procurar utilizar grasas con el mismo tipo de jabón espesante. Para mayor seguridad es conveniente ensayar la influencia que puede tener la mezcla prevista, o bien debe hacerse de antemano un examen de las experiencias del pasado.

Cuadro 11-2: Compatibilidad de las Grasas

	Grasa al Litio	Grasa al Calcio	Grasa al Sodio	Grasa al Aluminio
Grasa al Litio	○	△	×	×
Grasa al Calcio	△	○	△	△
Grasa al Sodio	×	△	○	△
Grasa al Aluminio	×	△	△	○

- (Notas) ○ : En general, las características cambian según la proporción de la mezcla.
 △ : Puede producirse un cambio considerable de características.
 × : Produce cambio extremo en las características.

11-3 LUBRICACIÓN POR ACEITE

1- Selección del aceite lubricante.

El criterio más importante en la selección del aceite lubricante es la viscosidad y las propiedades del aceite en operación, así como la temperatura de funcionamiento de los rodamientos.

Los valores estándares y las propiedades de viscosidad cinemática pueden ser obtenidos según el tipo de rodamiento, de acuerdo a la tabla correspondiente mostrada abajo y también de acuerdo a las condiciones de funcionamiento de los rodamientos.

Cuadro 10: VISCOSIDAD CINEMATICA APROPIADA SEGUN EL TIPO DE RODAMIENTO	
Tipo de rodamiento.	viscosidad cinemática a la temp. de trabajo.
De bolas. De rodillos cilíndricos.	13 mm ² /s o mayor, 13 mm ² /s o mayor.
De rodillos cónicos. De rodillos esféricos.	20 mm ² /s o mayor. 20 mm ² /s o mayor.
Axial/rodillos esféricos.	32 mm ² /s o mayor.

Cuando la viscosidad del lubricante es demasiado baja, la película de aceite podría ser insuficiente. Por otro lado, cuando la viscosidad es demasiado alta, es probable que se produzca una gran generación de calor dentro del rodamiento debido a la resistencia del aceite.

En general las cargas más pesadas y las altas temperaturas de operación deben trabajar con un aceite de alta viscosidad, mientras que las elevadas velocidades de rotación, deben operar con aceites lubricantes de baja viscosidad.

2- Sistema de lubricación por aceite.

La lubricación por aceite permite unas velocidades de trabajo más elevadas y en general unas temperaturas de funcionamiento mayores que las de la lubricación por grasa. Además, tiende a la reducción de las vibraciones y del ruido en el

rodamiento. Por estas y otras ventajas, la lubricación por aceite a menudo constituye la solución para muchos problemas que no se consiguen tratar adecuadamente mediante la lubricación por grasa. Para la lubricación de los rodamientos se prefieren aceites con una elevada estabilidad mecánica y química. Por este motivo se utilizan generalmente aceites minerales de alta calidad, que son los menos propensos a oxidarse, formar mezclas heterogéneas o compuestos gomosos

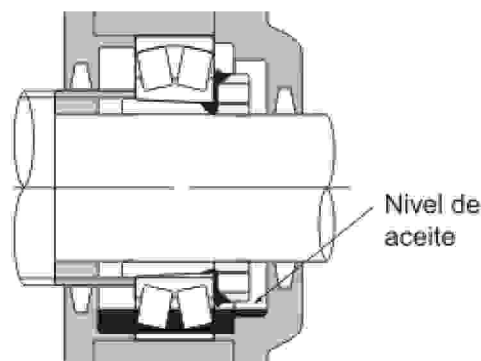
Características del aceite lubricante:

- *Viscosidad adecuada.
- *Elevado índice de estabilidad.
- *Elevada estabilidad a la oxidación.
- *Oleosidad adecuada.
- *Silencioso.
- *Características anti-oxidantes.
- *Características anti-corrosivas.
- *Características anti-espumantes.
- *Elevada resistencia de la película.
- *Al igual que las grasas, los aceites lubricantes se clasifican de acuerdo con sus aplicaciones por las normas JIS.

3- Tipos y métodos de lubricación por aceite.

a) Lubricación por Baño de Aceite.

- *Método de lubricación por aceite más común para velocidades bajas y medias.
- *El nivel indicador de aceite puede variar según la velocidad de trabajo. Para velocidades más altas se recomienda un nivel de aceite algo más bajo. Si la velocidad de trabajo es reducida, entonces no habrá problemas de exceso de lubricación.



Lubricación por baño de aceite

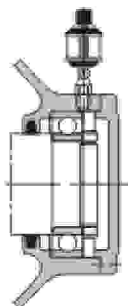
b) Goteo de Aceite.

*Recomendable para velocidades de rotación elevadas.

*En general de 5 a 6 gotas de aceite son utilizadas por minuto (es difícil ajustar el goteo en 1 ml/h o valores menores).

*Se utiliza un depósito de aceite transparente, para gotear el aceite dentro de la caja del rodamiento con el caudal necesario, el caudal de suministro de aceite se puede ajustar mediante un tornillo situado en la parte superior del engrasador.

*El aceite que pasa a través del rodamiento debe drenarse antes de que forme una acumulación excesiva de aceite en la caja.



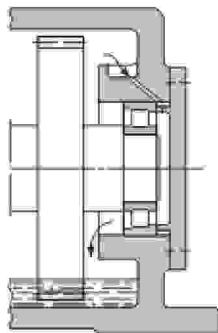
c) Salpicadura de aceite.

*Para este tipo de lubricación se aprovechan los engranajes, o se incorpora un sencillo rodete para salpicar con el aceite.

*Método muy utilizado en cajas de transmisión de máquinas-herramientas y cajas de cambio de automóviles.

*Aplicable para velocidades de rotación relativamente elevadas.

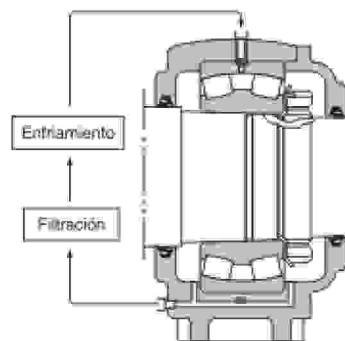
*Si hay peligro de que los rodamientos se contaminen con partículas metálicas procedentes de los engranajes, u otro tipo de suciedad, entonces es conveniente utilizar rodamientos con tapas de obturación.



d) Circulación forzada de aceite.

*Este método suministra una circulación continua de aceite. El rodamiento está provisto de un dispositivo para enfriar el aceite, el cual después de ser enfriado es enviado de regreso al tanque a través de un tubo de escape, luego de lo cual es bombeado nuevamente para repetir el ciclo de trabajo.

*Empleado a grandes distancias, para rotación a altas velocidades y en condiciones de elevadas temperaturas.



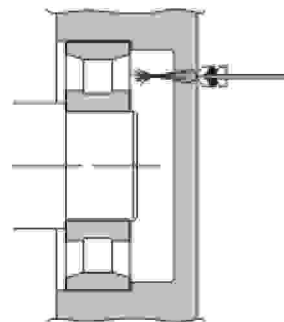
e) Lubricación por chorro de aceite.

*Este método usa una boquilla para inyectar aceite a presión constante (10 a 50 N/cm) y es altamente efectivo para el enfriamiento.

*Adecuado para aplicaciones de cargas pesadas, altas velocidades y grandes temperaturas, todo ello, al mismo tiempo.

*Situarse el chorro de aceite lo más próximo posible al espacio entre los anillos y la jaula (entre 5 a 10mm.) para facilitar la entrada de aceite al rodamiento.

*Cuando el calor generado es muy elevado pueden utilizarse de 2 a 4 inyectoros.



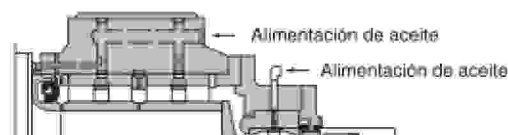
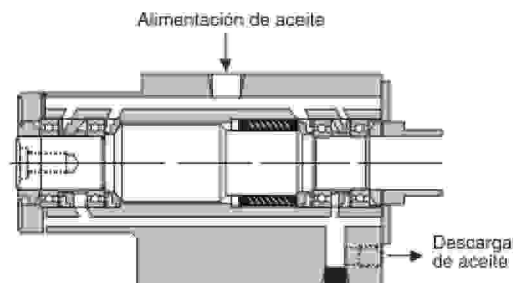
f) Lubricación por niebla de aceite.

*Este sistema de niebla de aceite es el método más eficaz para lubricar rodamientos a alta velocidad.

*El aceite se atomiza y es arrastrado por el aire comprimido a todas las zonas del rodamiento, un suministro continuo de un gran caudal de aire a presión evacúa el calor generado sobre este, y al mismo tiempo impide que entre suciedad, reduce el desgaste y mantiene la precisión de giro.

*Dado que este sistema tiene un consumo de aceite muy pequeño, el entorno de la máquina se mantiene limpio y no hay peligro de incendio.

*Proporciona y mantiene el valor más pequeño de aceite necesario para la lubricación de los rodamientos, por lo cual, previene la contaminación del aceite, simplificando el mantenimiento, reduciendo su consumo, y por lo tanto, prolongando la

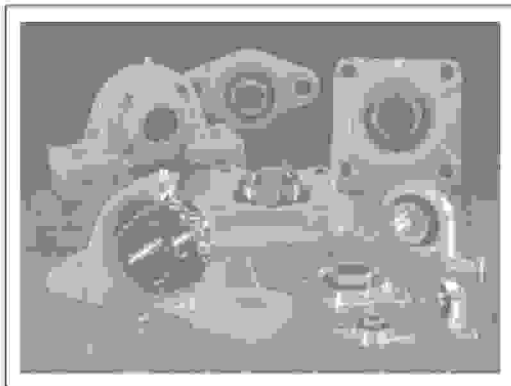


Koyo

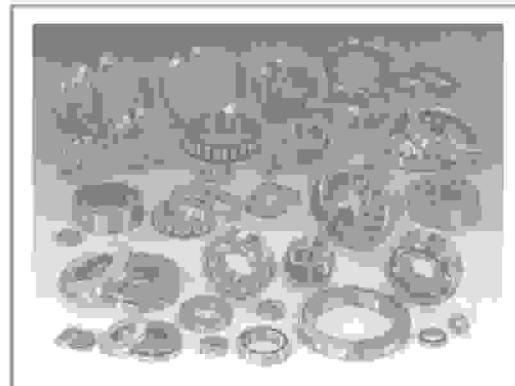
RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS

TAMAÑOS POPULARES

CAT. N° 203-2Sp



● Soportes / Chumaceras



● Rodamientos estándares
de bolas y rodillos

También...

- Tuercas de sujeción/
Arandelas de
fijación-seguridad



● VALOR Y TECNOLOGÍA