

Cojinetes de Rodadura

RODAMIENTOS

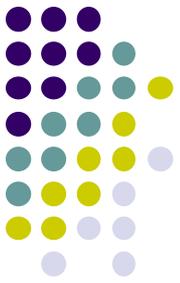
.UBAfiuba 
FACULTAD DE INGENIERÍA

 Ingeniería
Mecánica

Fijación de Rodamientos
en Arboles y Carcazas

67.29 Proyecto de Máquinas





Cojinete

Elemento que dispuesto como soporte o vínculo de un árbol (eje rotatorio), permite la rotación del mismo dentro de el, guiando dicha rotación.

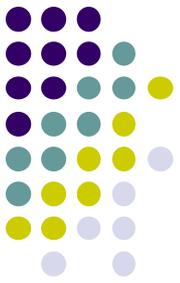
Cojinete de Rodadura

Permite la rotación del árbol en su interior por la interposición de elementos rodantes de gran rigidez, habiendo un movimiento de rodadura indirecto entre el cojinete y el árbol.

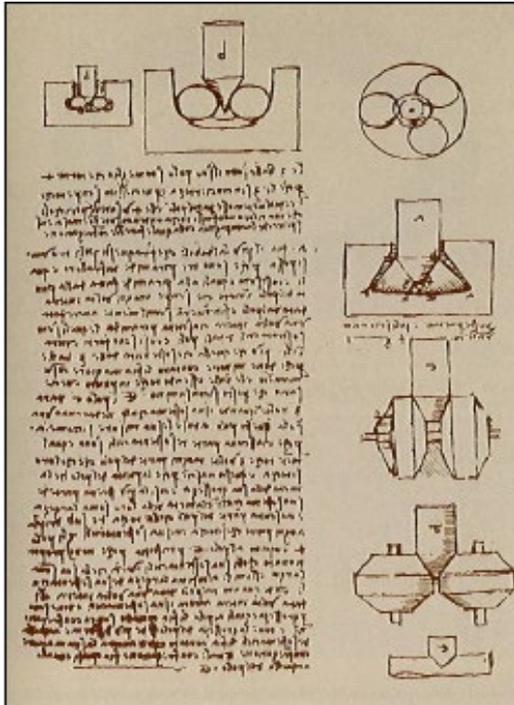
El rozamiento es por rodadura.

Otros nombres comunes:

- *Rodamientos*
- *Rulemanes*
- *Cojinetes antifricción*
- *Anti-friction Bearings*



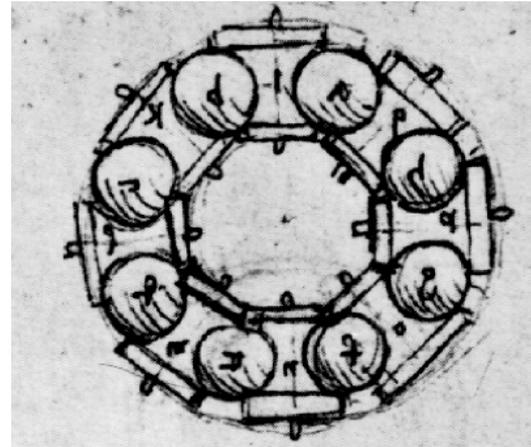
Antecedentes históricos



Leonardo Da Vinci (ca.1500) - *Codex Madrid*

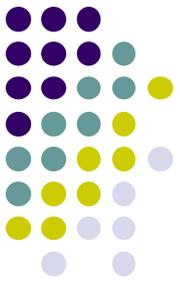
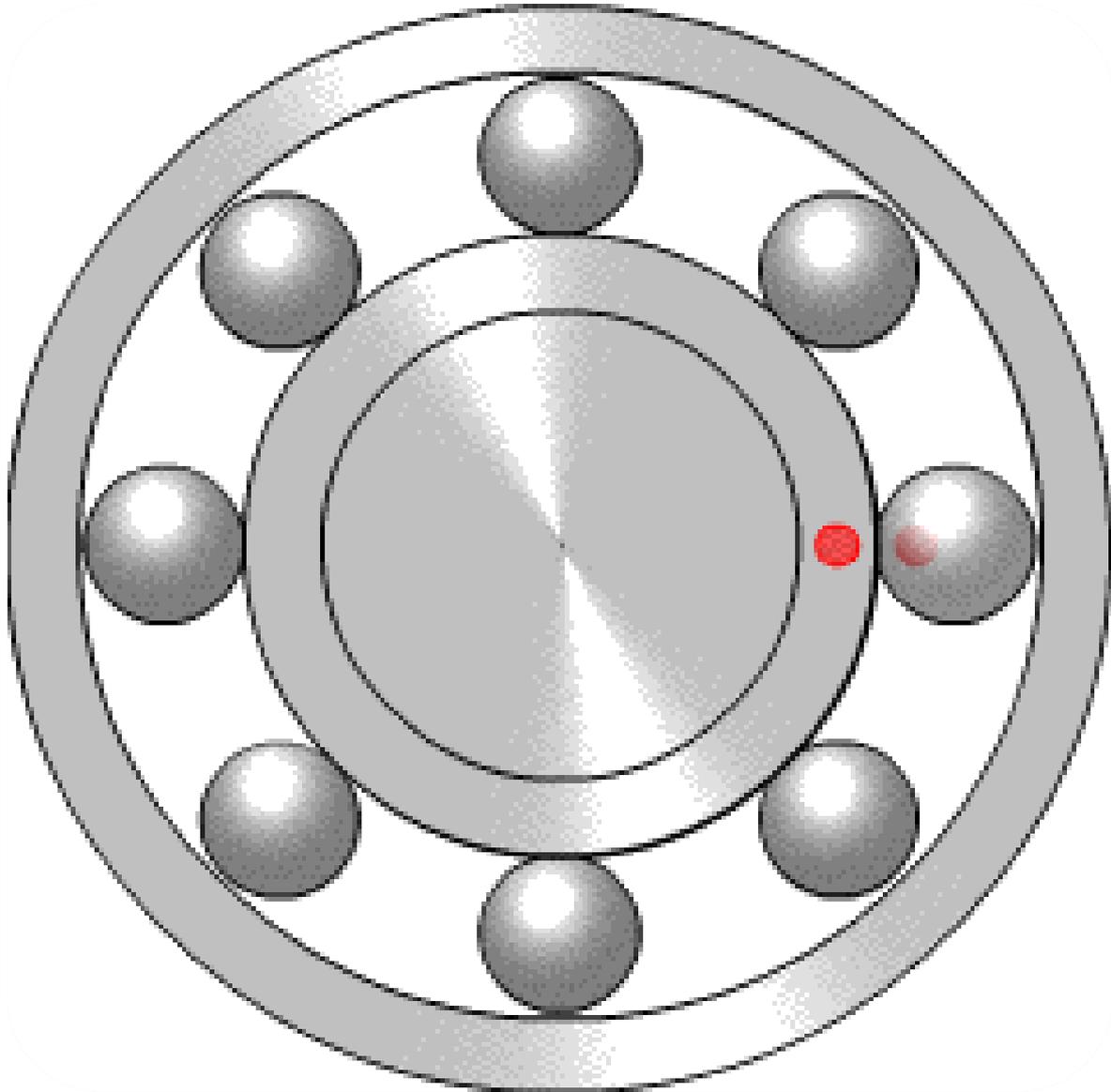
I affirm, that if a weight of flat surface moves on a similar plane their movement will be facilitated by interposing between them balls or rollers; and I do not see any difference between balls and rollers save the fact that balls have universal motion while rollers can move in one direction alone. But if balls or rollers touch each other in their motion, they will make the movement more difficult than if there were no contact between them, because their touching is by contrary motions and this friction causes contrariwise movements.

But if the balls or the rollers are kept at a distance from each other, they will touch at one point only between the load and its resistance... and consequently it will be easy to generate this movement.



Modelo fabricado en el Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon





PARTES DE UN RODAMIENTO



ARO INTERIOR



JAULA

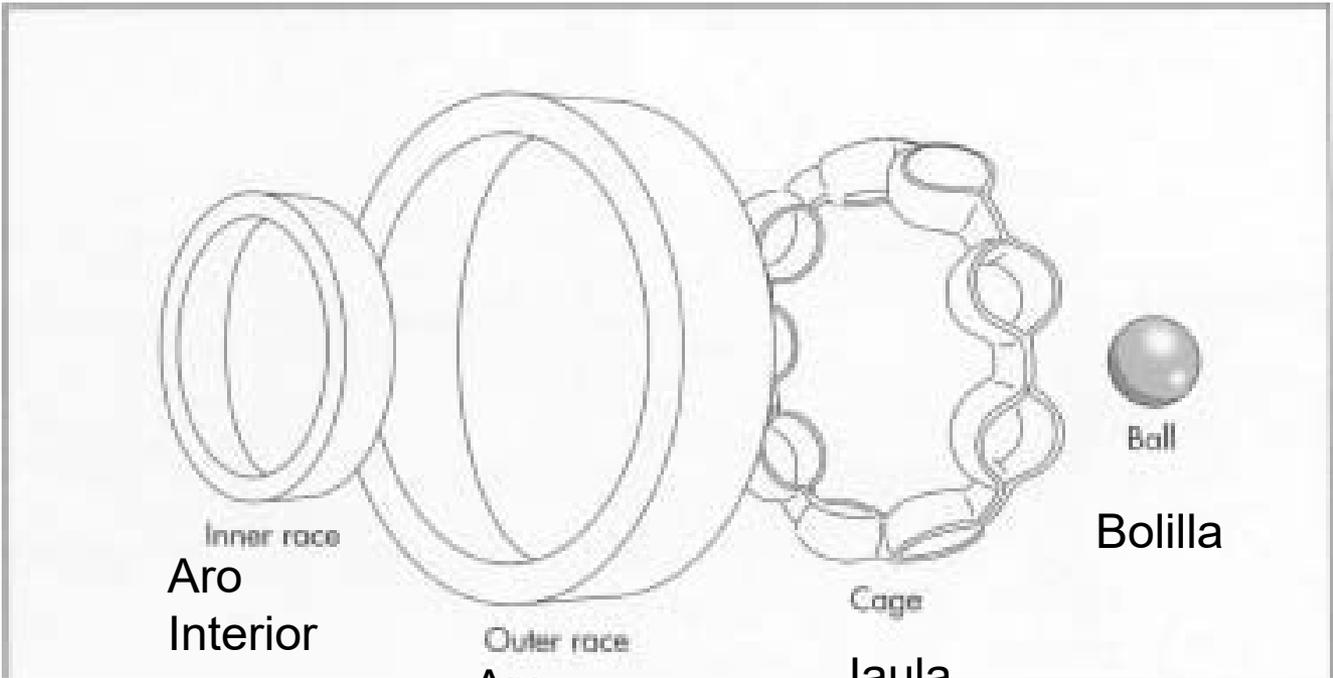
RODAMIENTOS

ARO EXTERIOR



ELEMENTOS RODANTES



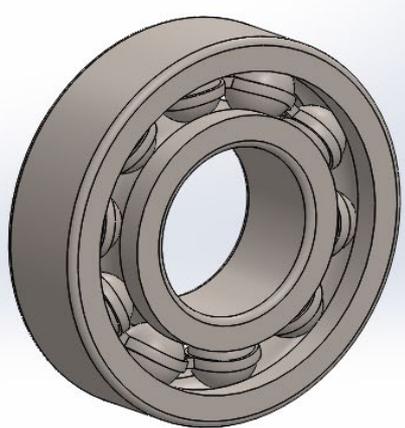


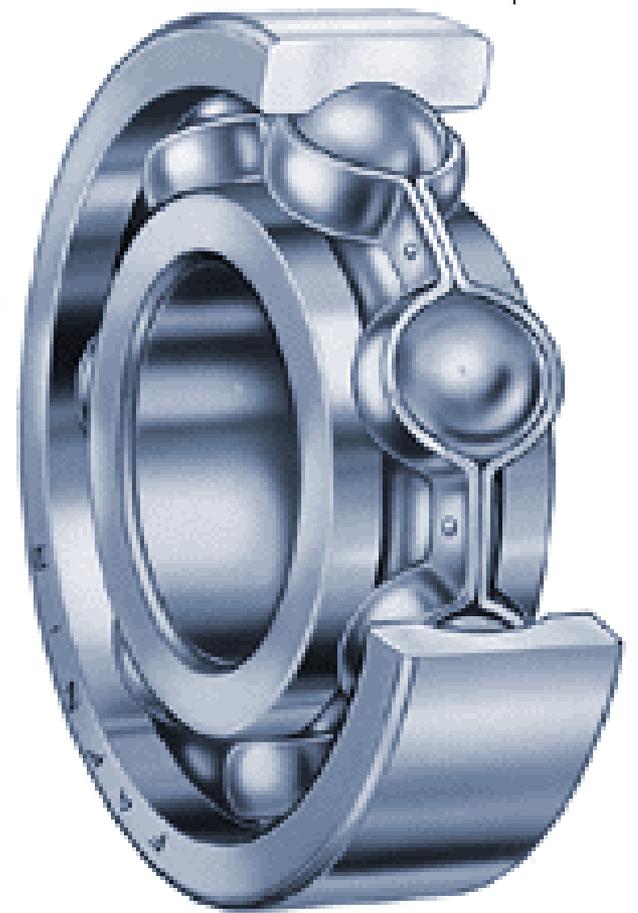
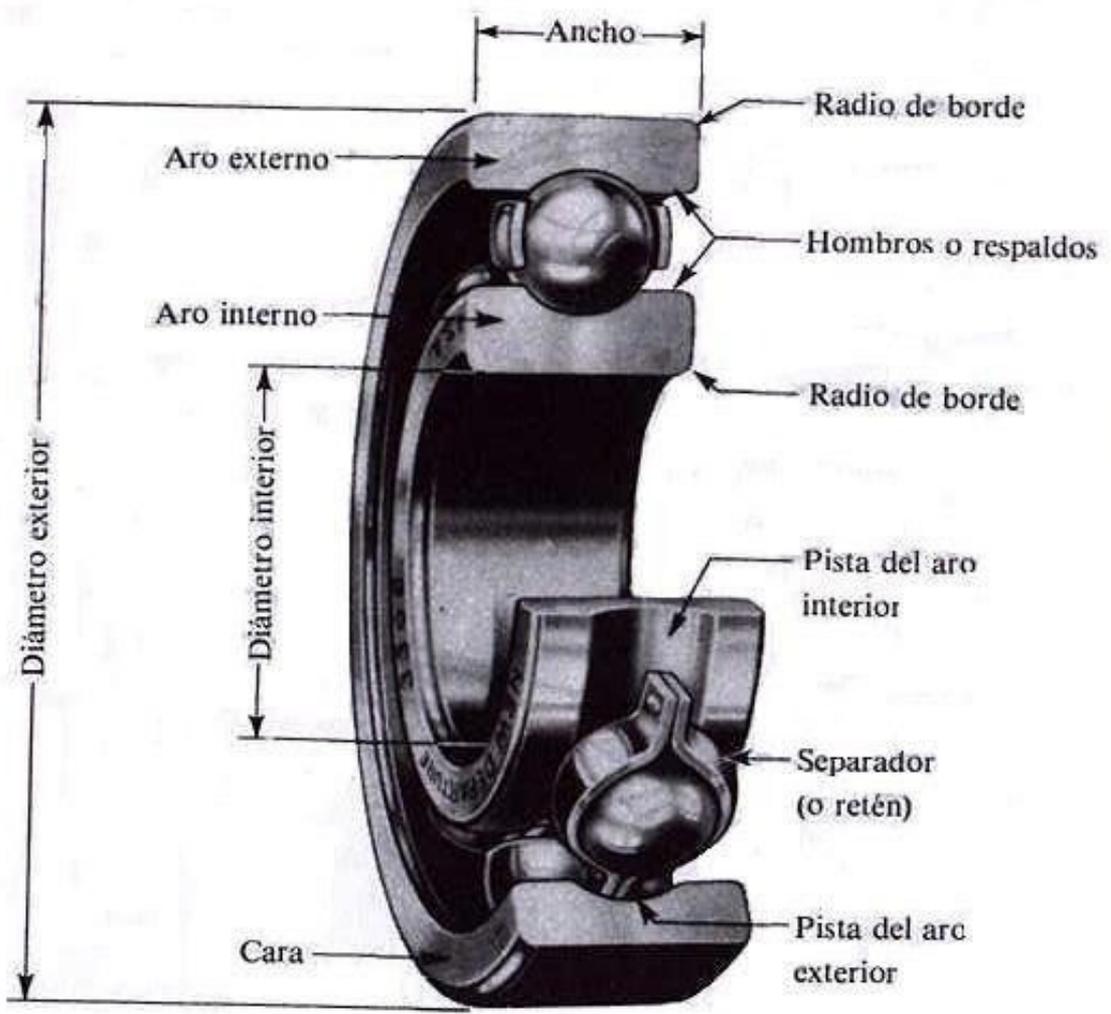
Inner race
Aro Interior

Outer race
Aro Exterior

Cage
Jaula

Ball
Bolilla



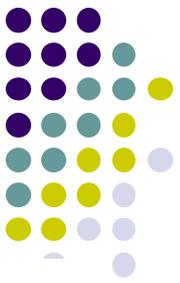




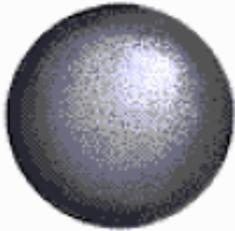
ELEMENTOS RODANTES

Los elementos rodantes tienen la función de transmitir la fuerza que actúa sobre el rodamiento de un aro al otro. Para tener la capacidad de soportar altas cargas es importante contar con el mayor número de elementos rodantes entre los aros del rodamiento y que su tamaño sea tan grande como sea posible.

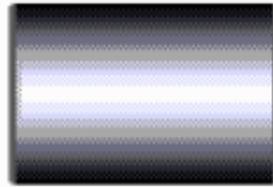
Su número y tamaño depende de la sección transversal del rodamiento.



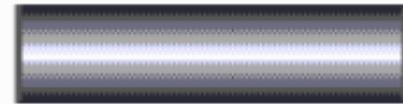
LOS ELEMENTOS RODANTES ESTÁN CLASIFICADOS DE ACUERDO CON SU FORMA



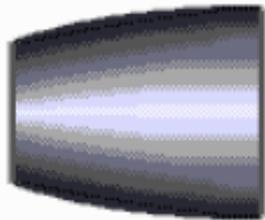
BOLA



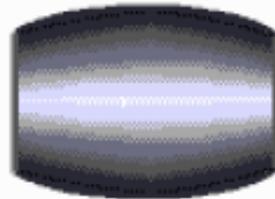
RODILLO CILÍNDRICO



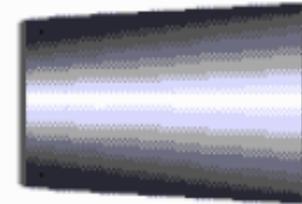
RODILLO DE AGUJA



RODILLO EN FORMA DE BARRIL ASIMÉTRICO



RODILLO EN FORMA DE BARRIL SIMÉTRICO



RODILLO CÓNICO

AROS

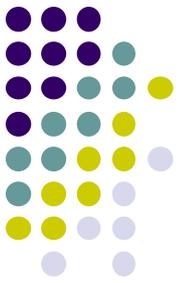


Los aros son dos:

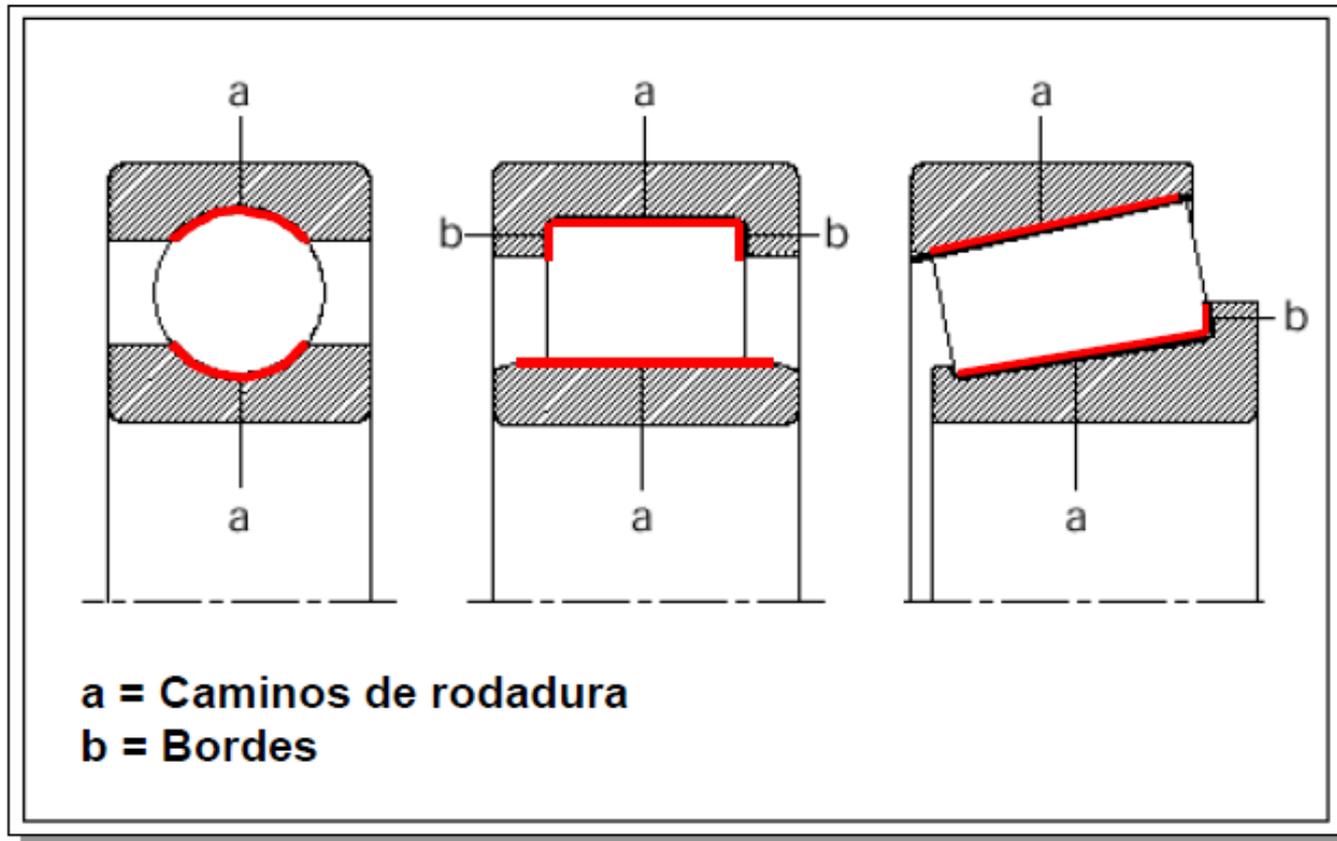
- Aro interior
- Aro exterior

Cada uno de ellos es solidario a uno de los dos elementos vinculados por el rodamiento.

CAMINOS DE RODADURA O PISTAS



Son las superficies de los aros sobre las cuales se produce la rodadura de los elementos rodantes.



JAULAS



La jaula tiene las siguientes funciones:

- Mantiene los elementos rodantes separados y evita que choquen entre ellos
- Sostiene los elementos rodantes separados a distancias iguales para que la distribución de la carga sea uniforme
- Impide que los elementos rodantes de los rodamientos separables se desprendan
- Guía a los elementos rodantes en la zona sin carga
- Distribuye el lubricante en el rodamiento
- Disipa el calor en el rodamiento

En ciertos casos en los cuales se requiere una capacidad de carga extrema pueden usarse rodamientos sin jaula (rodamientos completamente llenos de elementos rodantes).

Esta característica incrementa la capacidad de carga a expensas de aumentar el rozamiento. Alternativa aplicable sólo en caso de muy baja velocidad.

JAULAS - MATERIALES



Materiales más comunes:

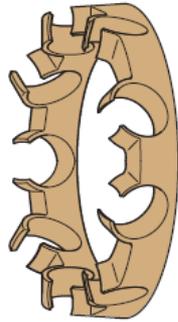
- Acero
- Latón
- Otras aleaciones a base de Cobre
- Aleaciones de Aluminio
- Poliamida reforzada con fibra de vidrio
- Resinas fenólicas

JAULAS - MATERIALES

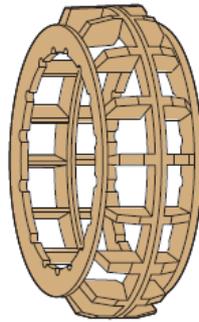


La selección del material y diseño de la jaula depende de las particulares condiciones de servicio de cada rodamiento:

- Temperatura
- Lubricación
- Vibración
- Aceleración o frenado brusco
- Desalineación entre árbol y alojamiento



open molded
cage
(synthetic material)



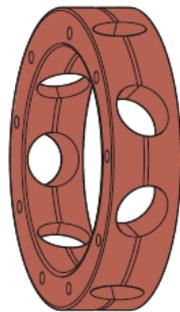
closed molded
cage
(synthetic material)



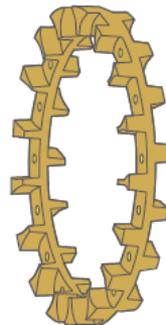
riveted or welded
cage



fold clamped cage



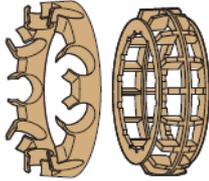
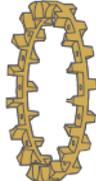
machined cage



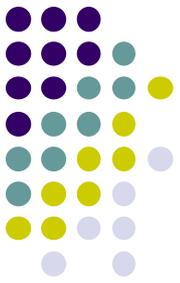
machined cage

Tipos comunes de Jaulas



	Molded cage	Pressed steel or brass sheet cage	Machined brass cage	Machined phenolic resin cage
				
Maximum speed	▶ That of the bearing	▶ That of the bearing	▶ Enables the maximum speed of the bearing to be increased	▶ Usually centered on a ring, which enables the maximum speed of the bearing to be increased
Temperature	▶ Polyamide 6/6: +120°C/+248°F continuous service, +150°C/+302°F intermittently ▶ Other materials, consult SNR	▶ Does not limit the bearing operating temperature	▶ Does not limit the bearing operating temperature	▶ +110°C/+230°F max. in continuous service
Lubrication	▶ Good friction coefficient ▶ Good behaviour when lubrication is deficient	▶ Metal-to-metal contact, therefore lubrication is important	▶ Low brass-to-metal friction coefficient	▶ Excellent coefficient of friction ▶ Cage impregnated with oil, optimum bearing lubrication
Resistance to vibration	▶ Excellent behaviour - Lightness - Elasticity	▶ Restricted by: - mechanical strength - method of assembly - potential unbalance	▶ Excellent resistance ▶ Maintains despite the dynamic unbalance loads	▶ Good behaviour with cage centered on a ring ▶ Low inertia ▶ Good balance
Sudden acceleration and deceleration	▶ Excellent behaviour - Lightness - Elasticity	▶ Risk of cage failure	▶ High mechanical strength but: - Lack of flexibility - High inertia	▶ Excellent behaviour due to: - Low inertia - Good mechanical strength
Misalignment between shaft and housing	▶ Excellent behaviour - Elasticity	▶ Risk of cage failure	▶ Use not recommended	▶ Use not recommended
Remarks	▶ Cage replacing the steel cage for many types of bearings		▶ High cost ▶ Usually reserved for highspeed and/or highprecision bearings	▶ High cost ▶ Usually reserved for high speed and / or high precision bearings

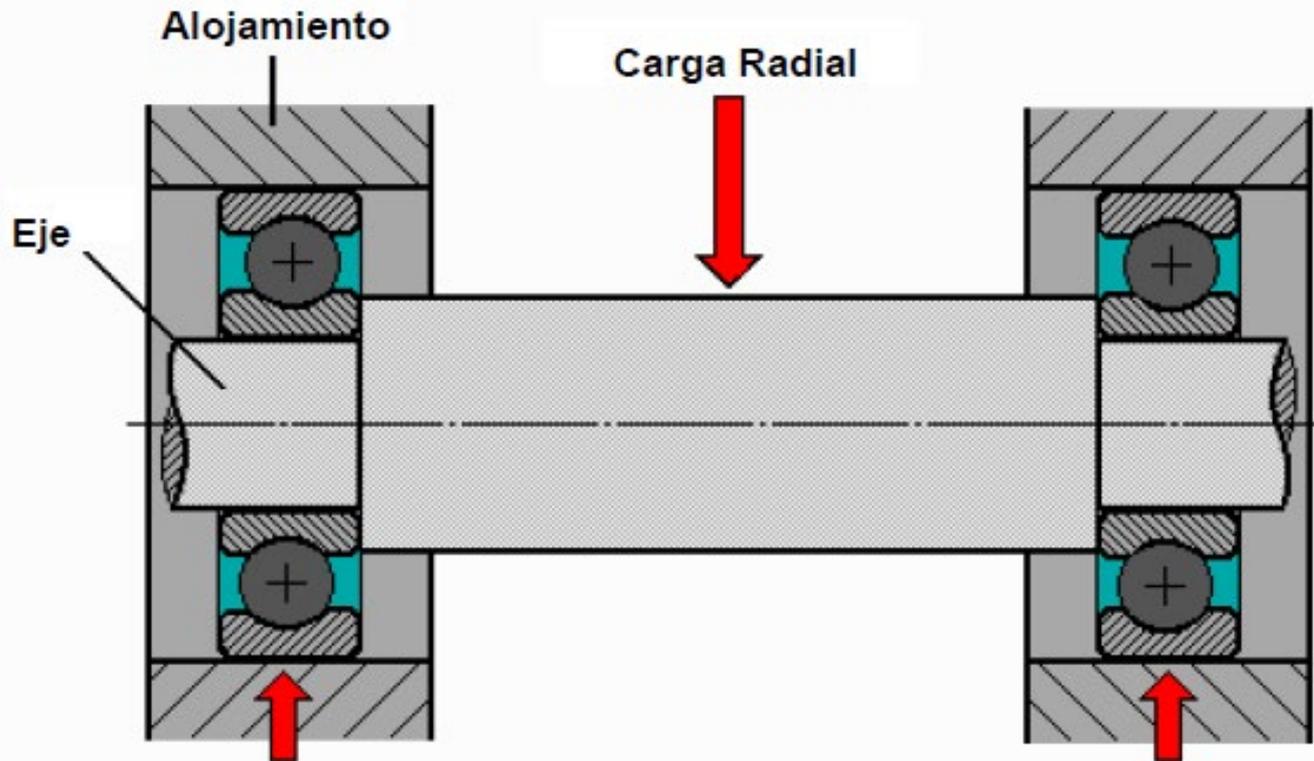
Características



TIPOS DE CARGAS

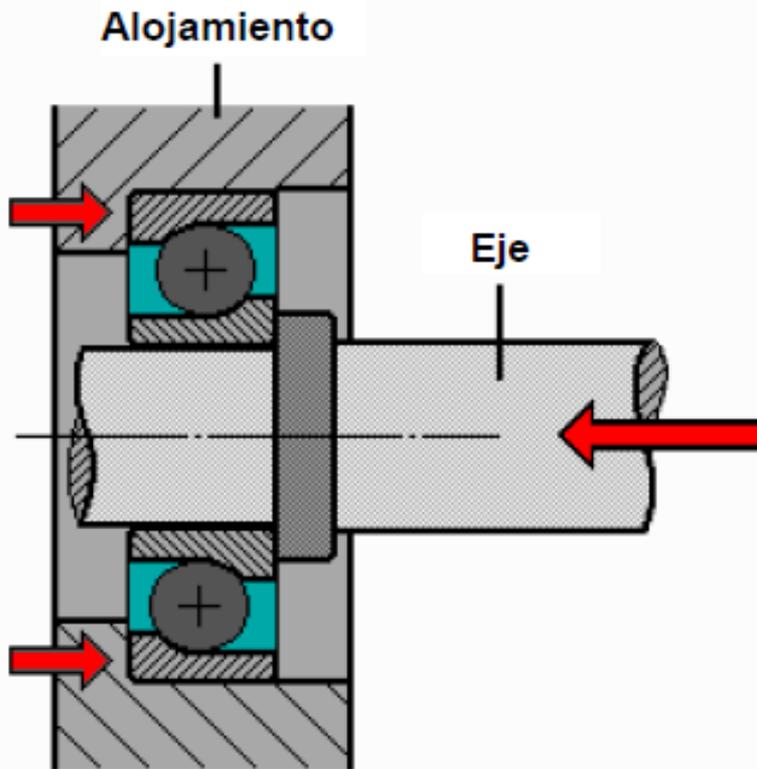


CARGAS RADIALES

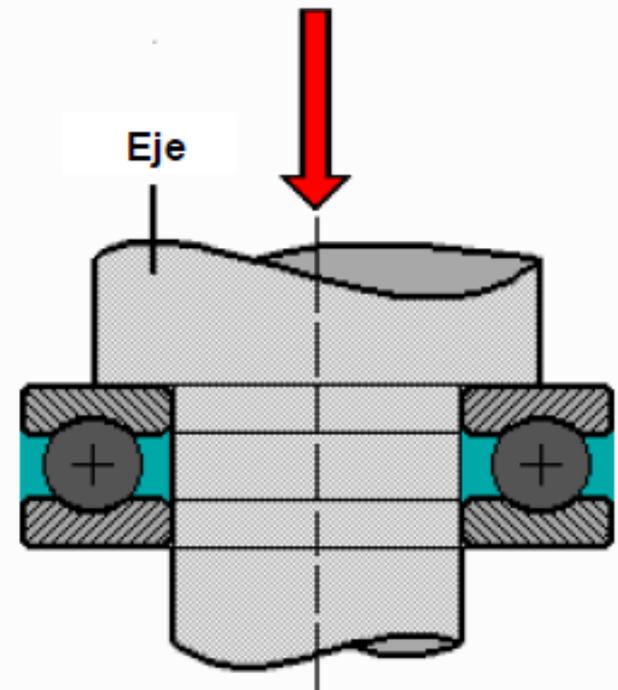




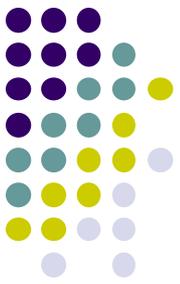
CARGAS AXIALES



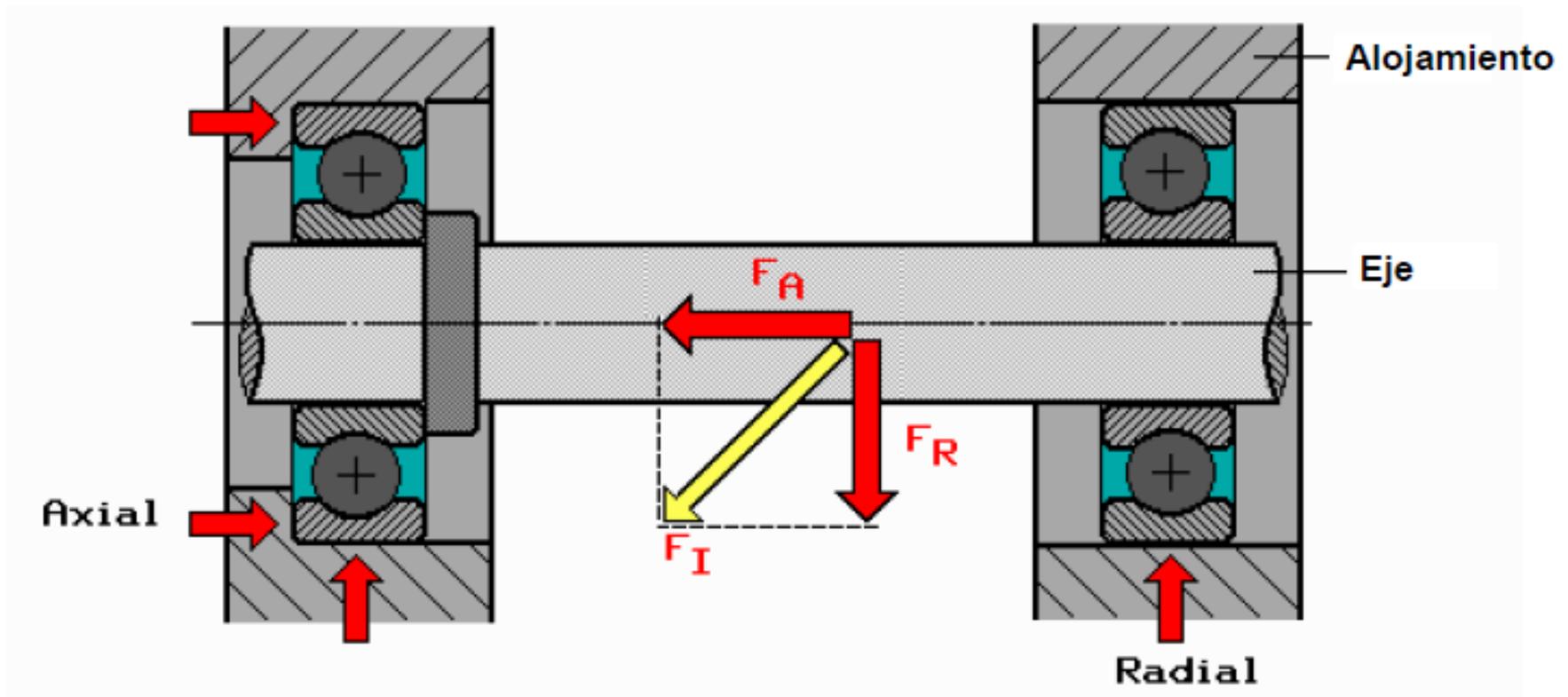
CARGA AXIAL HORIZONTAL



CARGA AXIAL VERTICAL



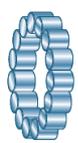
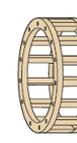
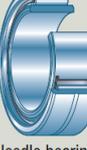
CARGAS COMBINADAS

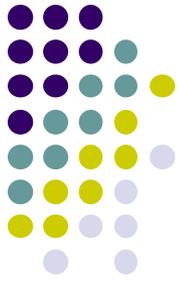




TIPOS MÁS COMUNES DE RODAMIENTOS

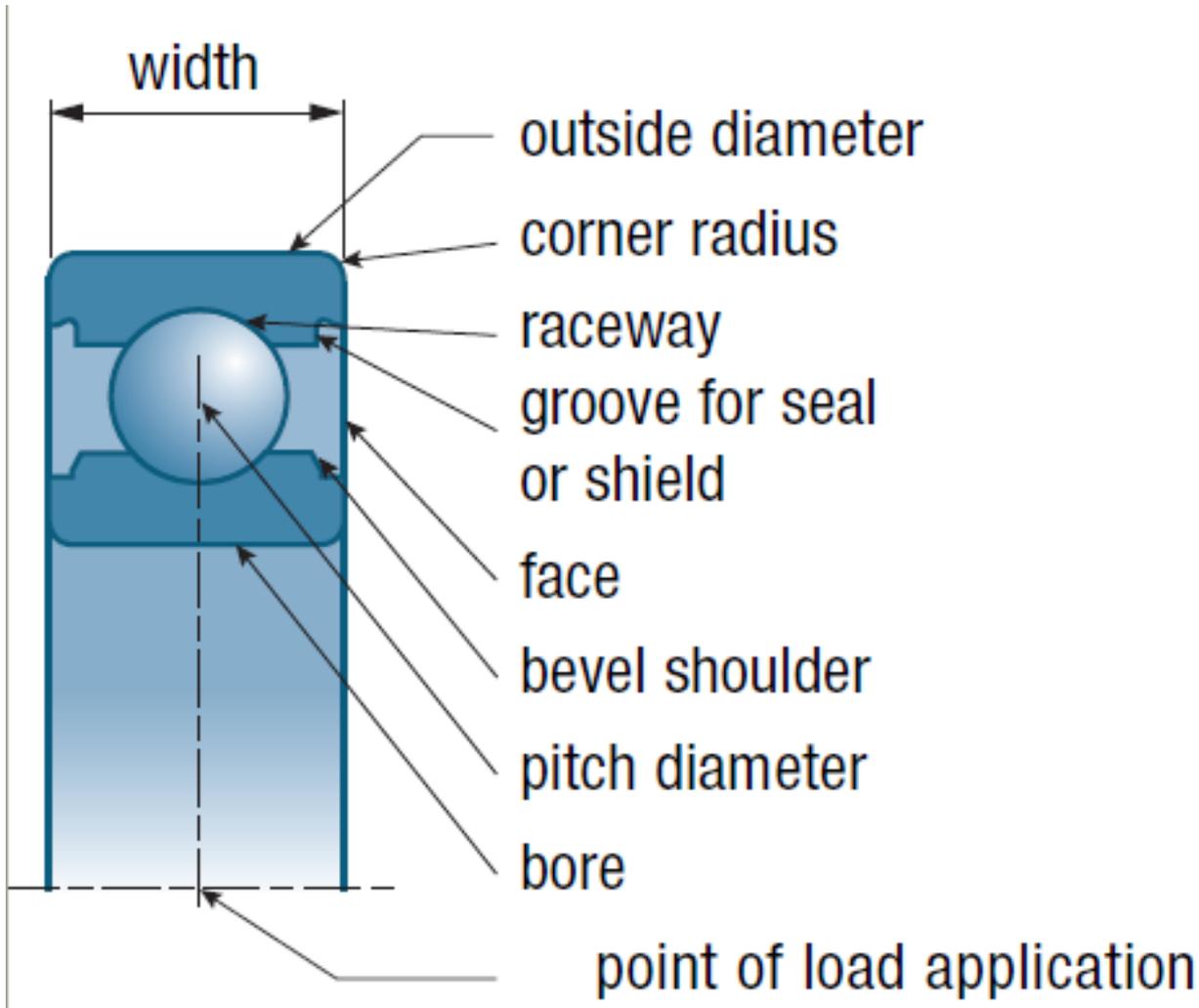
TIPOS MÁS COMUNES DE RODAMIENTOS

Type	Outer ring	Inner ring	Rolling elements	Synthetic material	Pressed steel	Integrally machined
 Ball bearing						
 Cylindrical roller bearing						
 Tapered roller bearing	 (cup)	 (cone)				
 Double-row spherical roller bearing						
 Needle bearing						
 Ball thrust bearing	 (housing ring)	 (shaft ring)				
 Spherical roller thrust bearing	 (housing ring)	 (shaft ring)				





RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS



Nomenclatura según ISO 5593

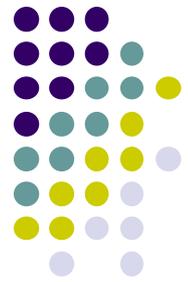
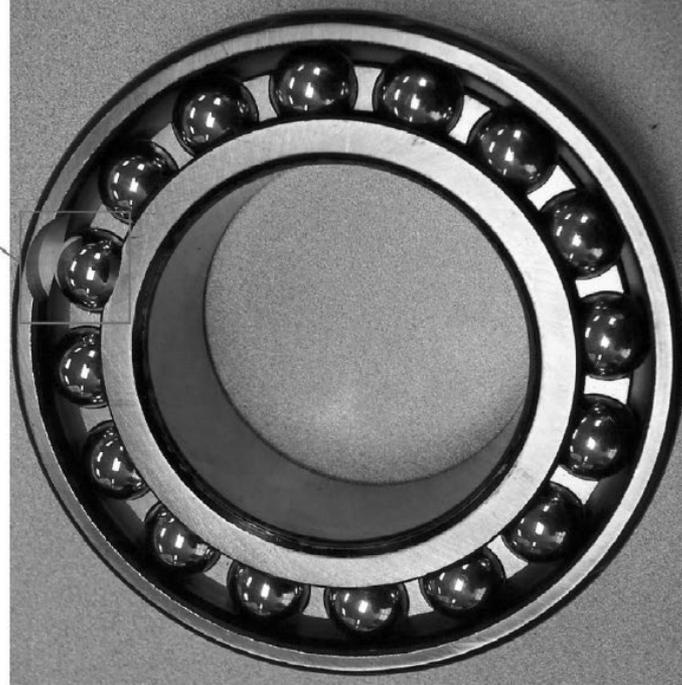
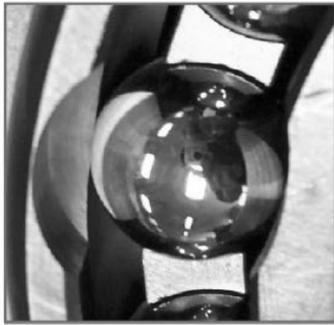


FIGURE 1.20 View of a single-row deep-groove filling slot-type ball bearing assembly. (Courtesy of the Timken Company.)

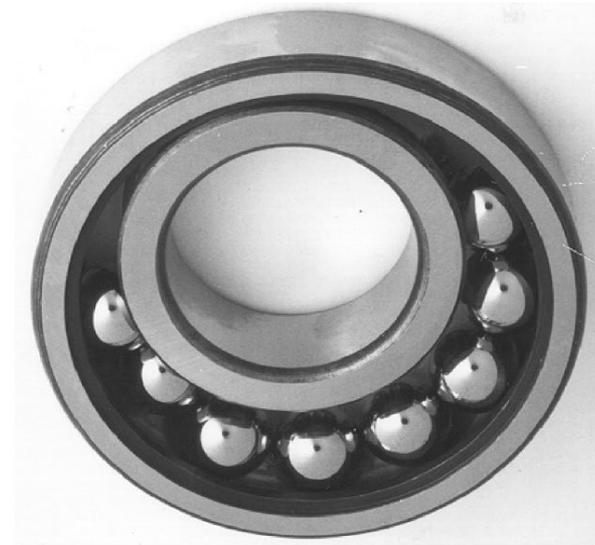


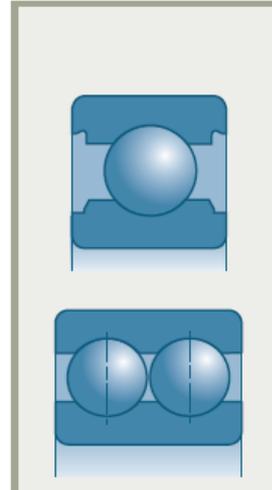
FIGURE 1.14 Photograph showing Conrad-type ball bearing components just before snapping the inner ring to the position concentric with the outer ring.

■ Ball bearings

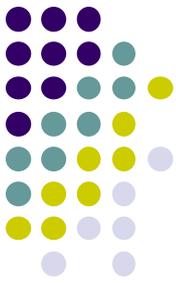
► Single- or double-row radial ball bearings

Popular bearings due to their cost/performance compromise.

Numerous variants (shielded, sealed etc.) and large selection of dimensions.



Electric motor
Wheel of trailer
Household electrical appliances
Woodworking machine spindles
Small reducing gear
Gear box



● Soportan cargas medias tanto radiales como axiales, así como cargas combinadas.

● Apropriados para altas velocidades

● Admiten una ligera desalineación

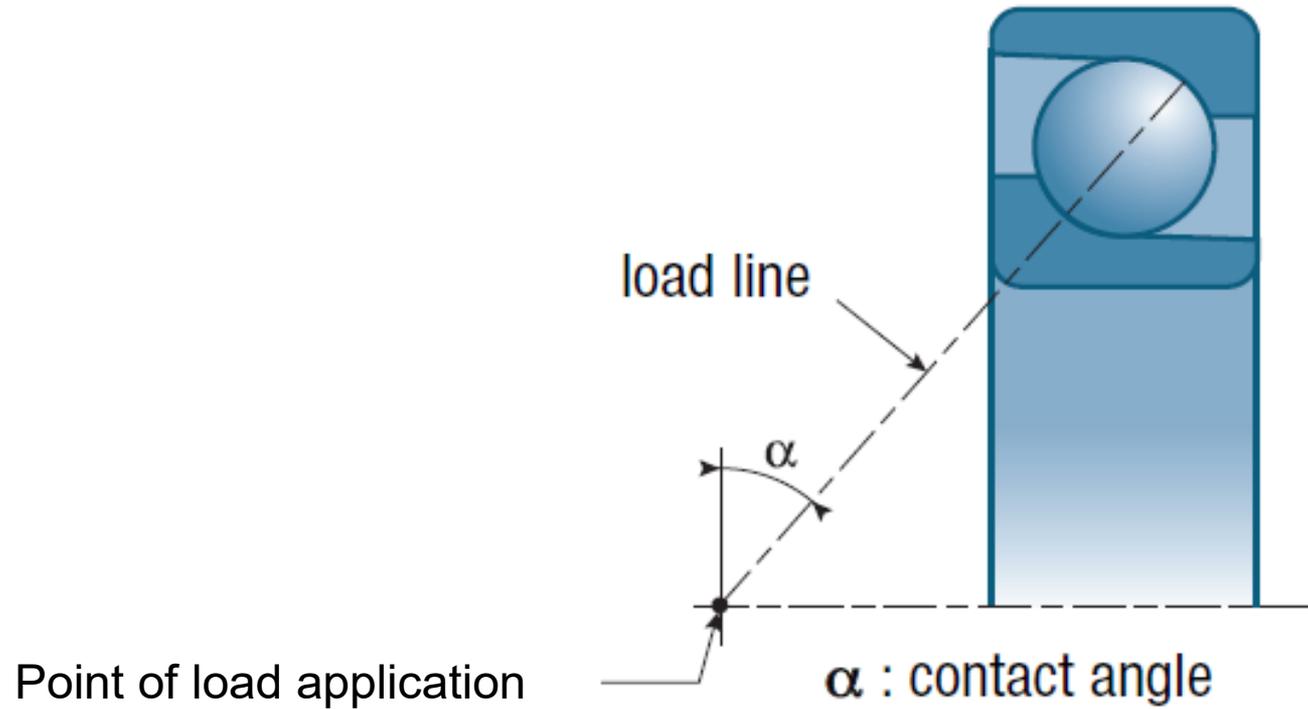


ALTAS
VELOCIDADES

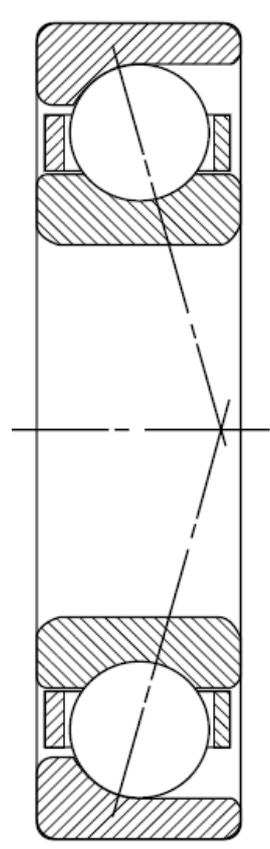
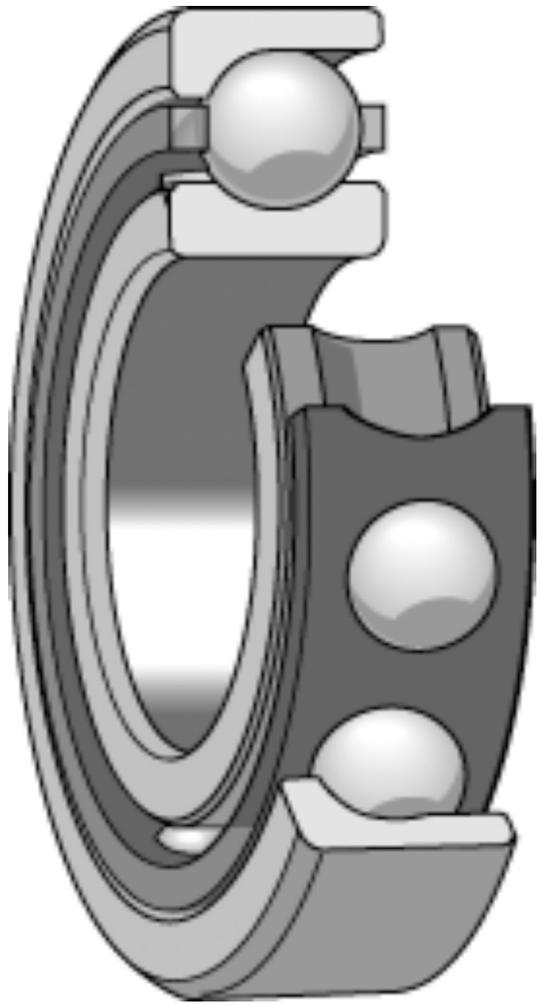


LIGERA
DESALINEACION

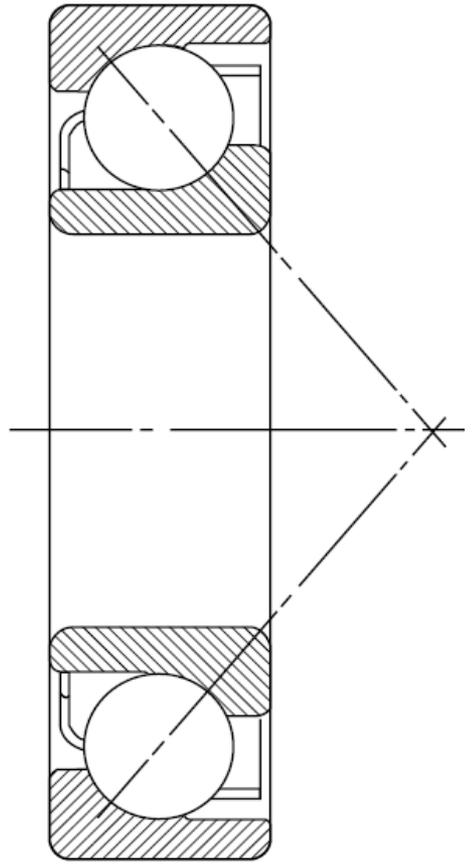
RODAMIENTO DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR



Nomenclatura según ISO 5593



(a) Small angle



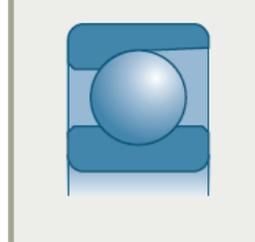
(b) Large angle



► **Single-row angular-contact ball bearings**

Always mounted in opposition with another bearing of the same type.

Give great assembly rigidity, especially when preloaded



Reduction gear box
Machine-tool spindle

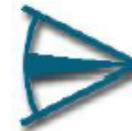
- Soportan cargas muy altas tanto radiales como axiales en una sola dirección (por lo general montados en pares)

- Adecuados para altas velocidades

- Admiten una mínima desalineación

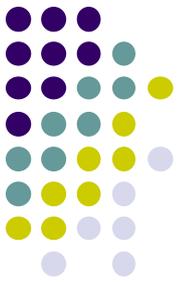


ALTAS
VELOCIDADES



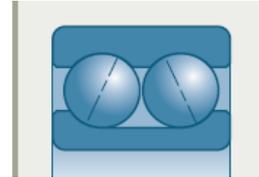
POCO
DESALINEAMIENTO

VARIANTE: RODAMIENTO DE BOLAS DE DOBLE HILERA DE CONTACTO ANGULAR



► Double-row angular-contact ball bearings

Withstand axial loads in both directions.
Can be used alone as a double bearing.



Reducing gear
Automobile wheels
Agricultural machinery



- Soportan cargas tanto radiales como axiales en ambos sentidos
- Adecuados para altas velocidades, aunque no tan altas como los rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera
- Admiten muy poca desalineación

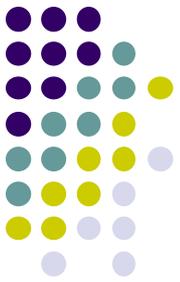


ALTAS
VELOCIDADES



MUY POCO
DESALINEAMIENTO

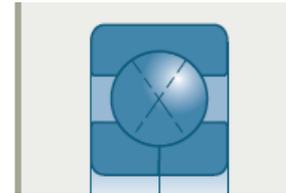
VARIANTE: RODAMIENTO DE BOLAS DE 4 PUNTOS DE CONTACTO ANGULAR



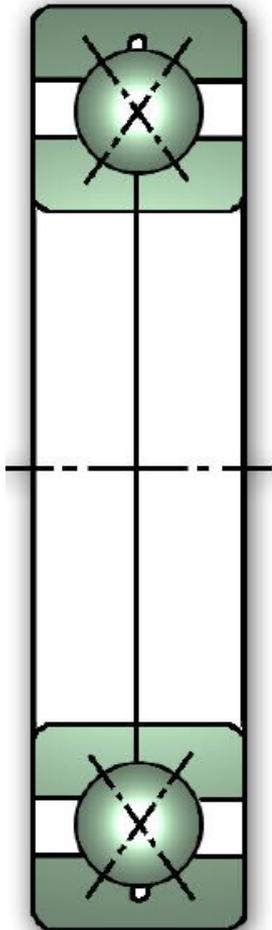
► 4-point angular contact ball bearings

Withstand axial loads in both directions.

Often associated with a radial contact bearing.



Reducing gear



Soportan muy poca carga radial, pero tienen una gran capacidad de carga axial en ambos sentidos

Adecuados para rango de velocidad de media a alta

Admiten muy poca desalineación



VELOCIDADES
MEDIAS



MUY POCO
DESALINEAMIENTO

Presentan un aro interior partido, que permite alojar un mayor número de bolas

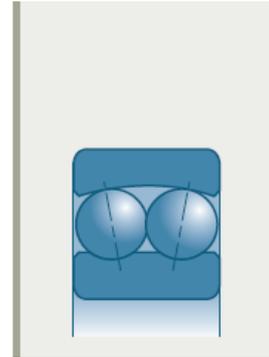
RODAMIENTO DE BOLAS AUTOALINEABLE

■ Double-row self-aligning ball or spherical roller bearings

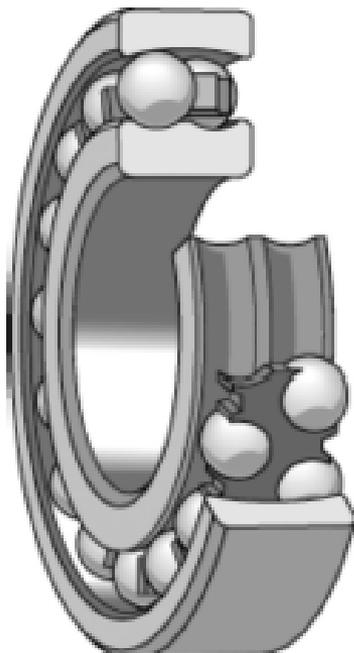
► Double-row self-aligning ball bearings

The spherical raceway of the outer ring permits angular displacement.

A variant with a tapered bore simplifies fitting.



For long shaft with deflection



Soportan cargas relativamente bajas tanto radiales como axiales en ambos sentidos

Adecuados para altas velocidades

Admiten un rango medio de desalineación

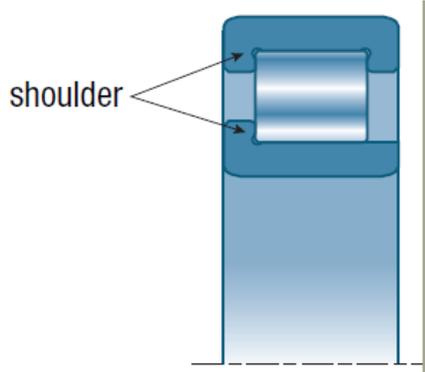
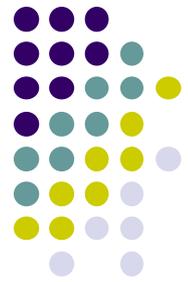


ALTAS VELOCIDADES

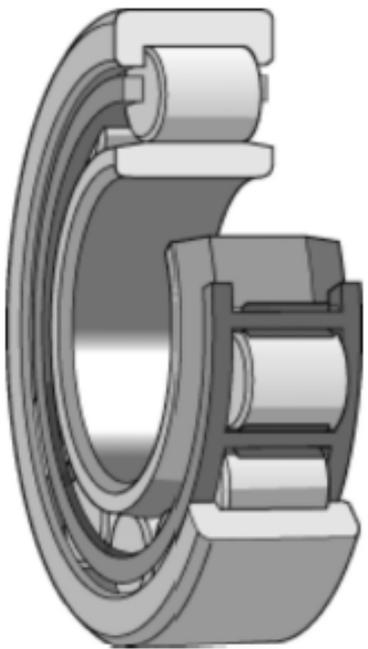


DESALINEAMIENTO, MEDIO

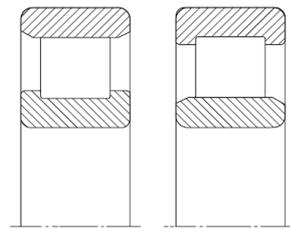
RODAMIENTO DE UNA HILERA DE RODILLOS CILÍNDRICOS



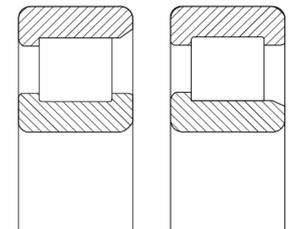
Nomenclatura según ISO 5593



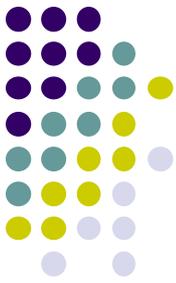
A large spherical roller bearing for a ball mill (mining) application. (Courtesy of SKF.)



Cylindrical roller bearings without thrust flanges.



Cylindrical roller bearings with thrust flanges.



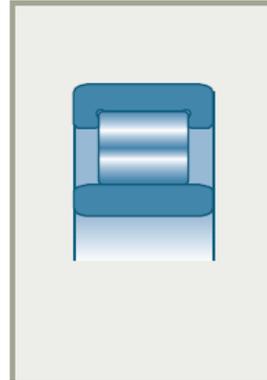
■ Roller bearings

► Cylindrical roller bearings

Excellent resistance to instantaneous overloads and shocks.

Simplification of installation thanks to their detachable elements.

Certain types allow axial displacement; others allow a low axial load.



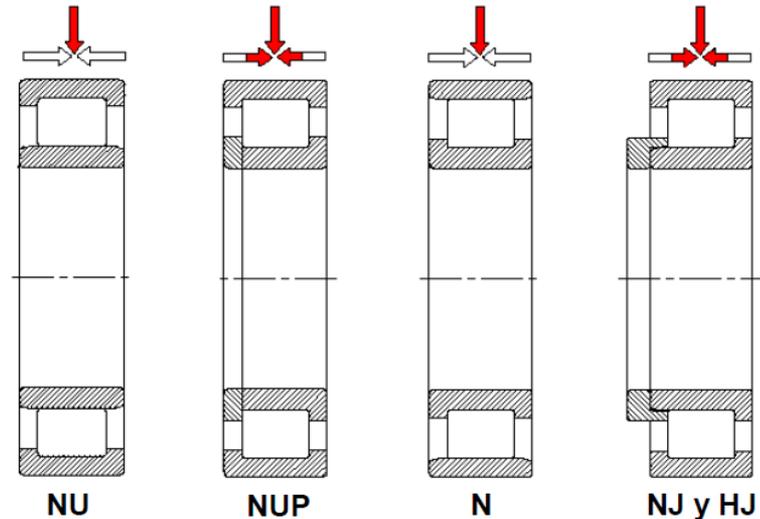
Heavy-duty electric motor
Wagon axle box
Pressure roller
Rolling machine roll

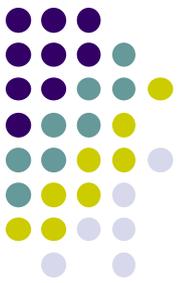
PARA TODOS LOS DISEÑOS:

● Adecuados para altas velocidades

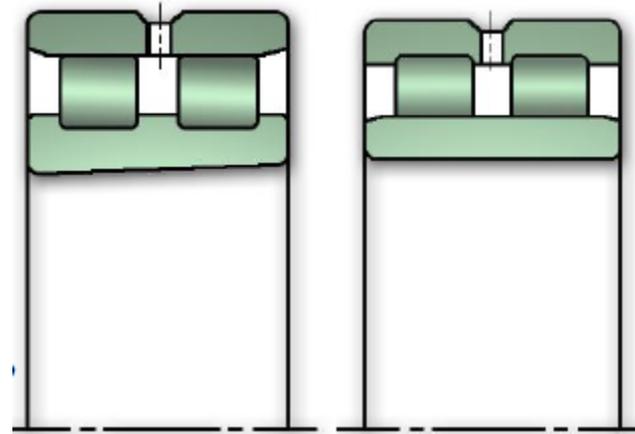
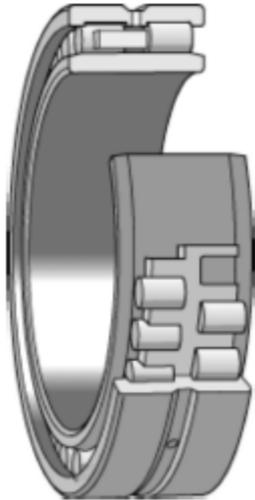
● Admiten una mínima desalineación

Según sea que dispongan o no de hombros o pestañas, pueden o no absorber bajas cargas axiales





VARIANTE: RODAMIENTO DE DOBLE HILERA DE RODILLOS CILÍNDRICOS



Aro interior cónico

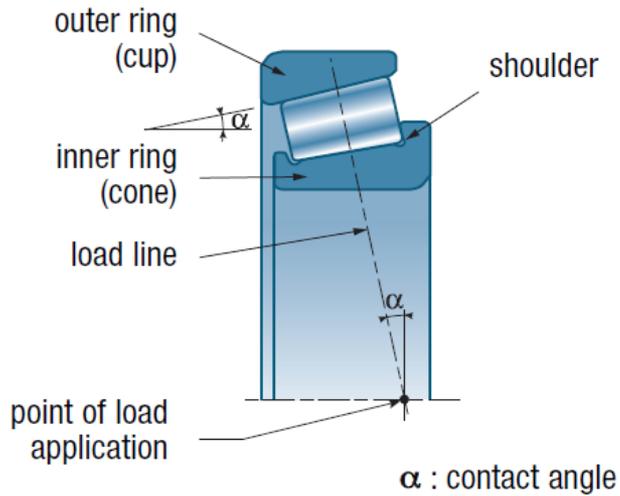
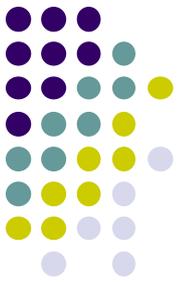
Aro interior cilíndrico

Soportan cargas radiales muy altas; **NO** soportan carga axial

Adecuados para altas velocidades

No admiten ninguna desalineación

RODAMIENTO DE UNA HILERA DE RODILLOS CÓNICOS



Nomenclatura según ISO 5593

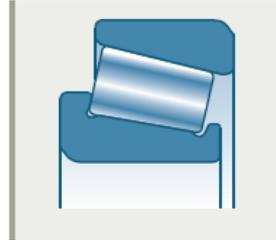


Son rodamientos separables, formados por la taza y el cono, y pueden ser montados de manera separada

► Single-row tapered roller bearings

Always mounted in opposition with another bearing of the same type.

Give great assembly rigidity, especially when preloaded.



Reducing gear shaft
Truck wheel
Bevel gear transfer
gearbox

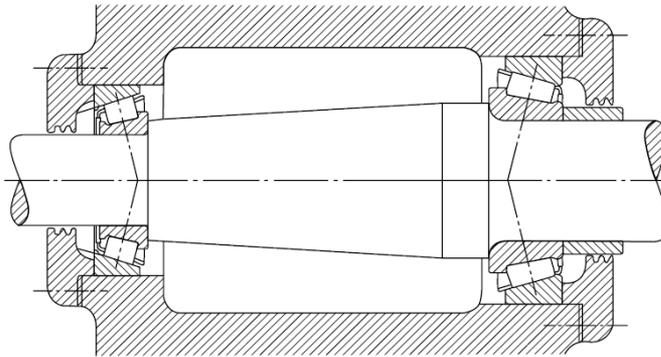
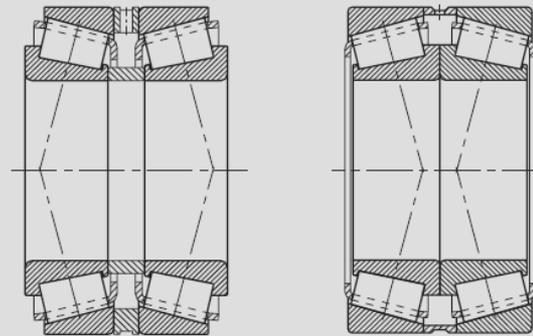


FIGURE 1.45 Typical mounting of tapered roller bearings.

Pareja de rodamientos de rodillos cónicos como rodamiento fijo
a = disposición en O, b = disposición en X



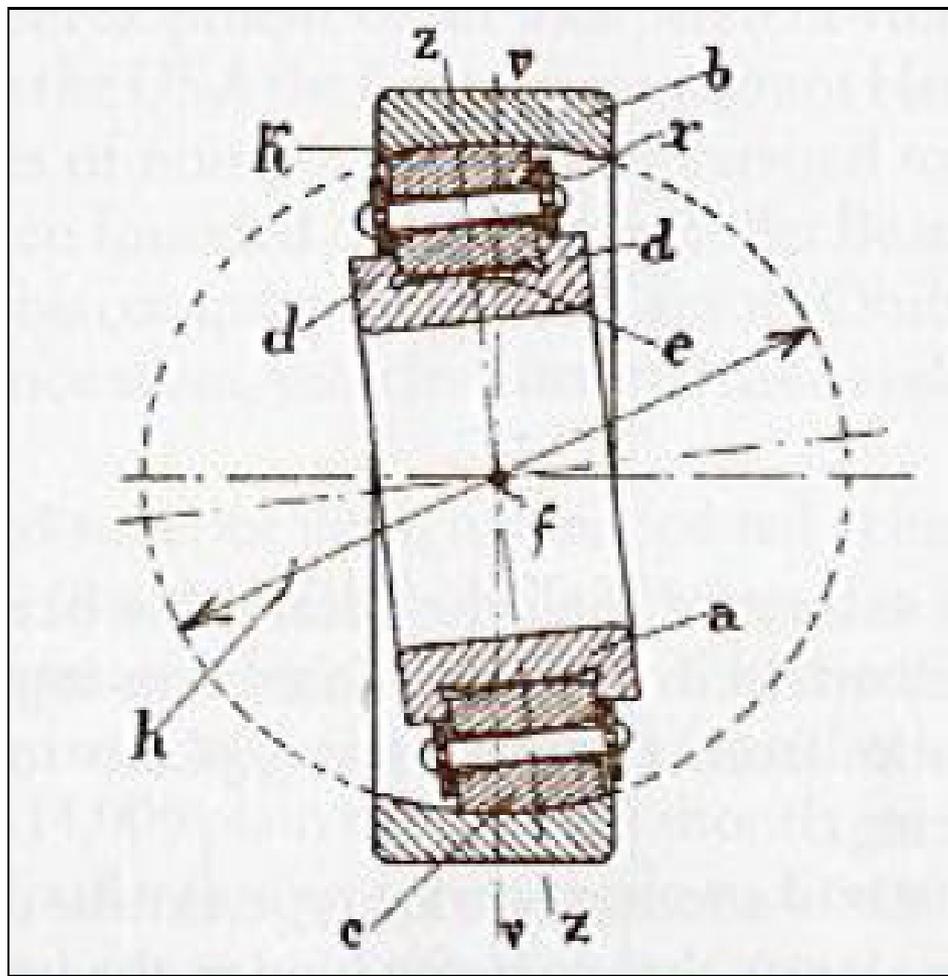
Soportan cargas radiales muy altas y cargas axiales altas en una dirección

Adecuados para velocidades medias

Admiten muy poca desalineación



RODAMIENTO DE RODILLOS ESFÉRICOS O A RÓTULA



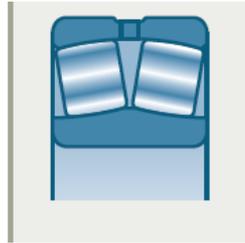
Rodamiento de rodillos con elementos rodantes en forma de barril, patente Alemana número 290038 del 16 de Febrero de 1912; solicitud presentada por Mr. J. Modler, empleado de FAG en Schweinfurt.

RODAMIENTO DE RODILLOS ESFÉRICOS O A RÓTULA

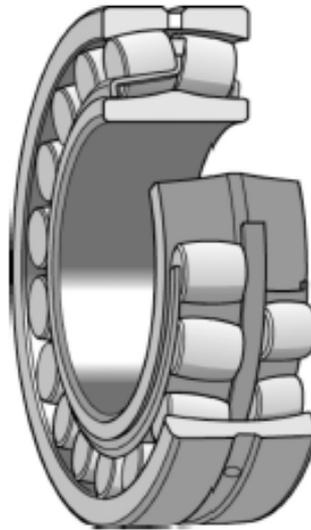


► Spherical roller bearings

The spherical raceway of the outer ring permits angular displacement
A variant with a tapered bore simplifies fitting.



Roll stand
Large reducing gear
Large industrial fan
Printing machine roller
Quarry machine



Soportan cargas radiales muy altas y cargas axiales altas

Adecuados para velocidades medias

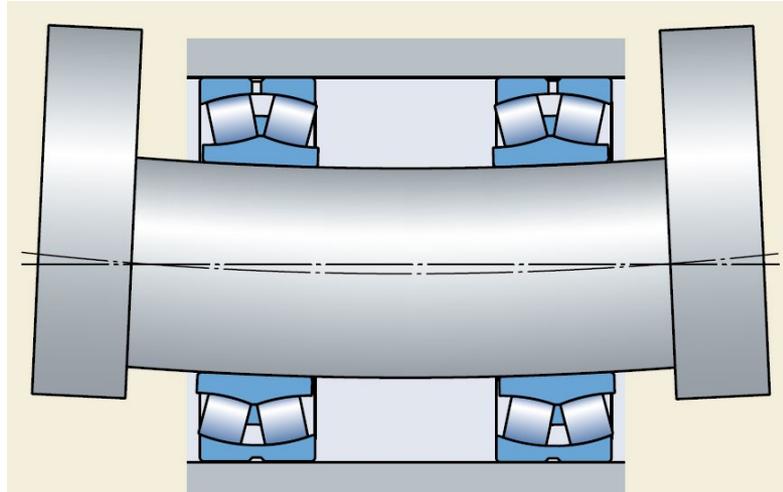
Admiten un rango medio de desalineación



VELOCIDADES
MEDIAS

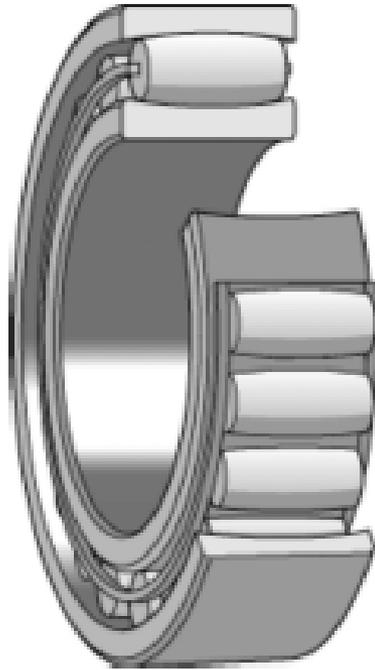


DESALINEAMIENTO
MEDIO



Under operating conditions where the misalignment is constant relative to the outer ring, sealed SKF spherical roller bearings can accommodate angular misalignment of the shaft relative to the housing of up to $0,5^\circ$ with no detrimental effect on the efficiency of the seals.

RODAMIENTO DE RODILLOS ESFÉRICOS



Soportan cargas radiales muy altas y pequeñas cargas axiales

Adecuados para velocidades medias

Admiten un rango medio de desalineación

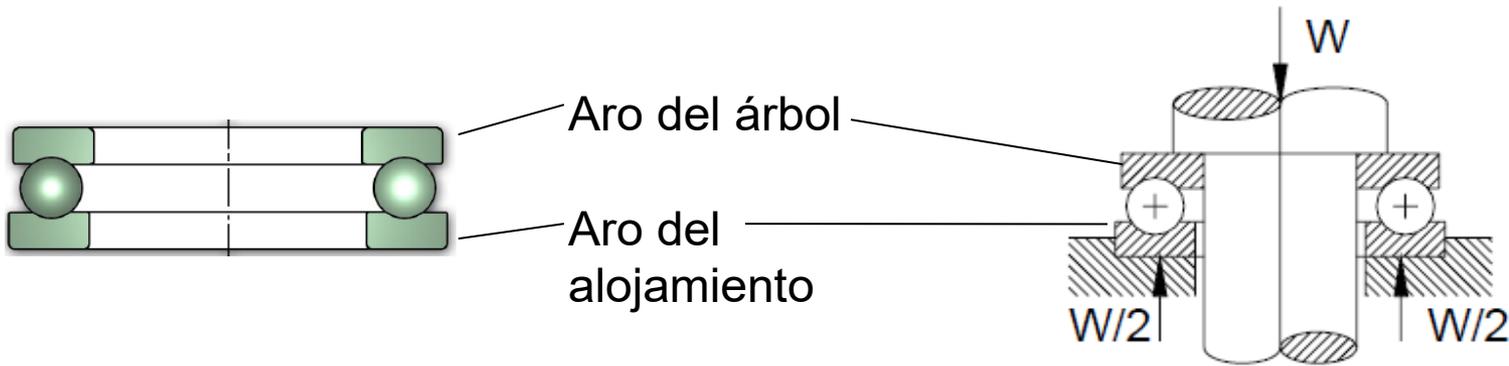


VELOCIDADES MEDIAS



DESALINEAMIENTO MEDIO

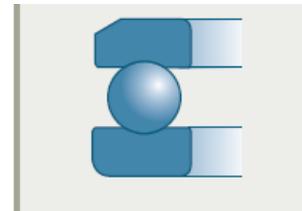
RODAMIENTO AXIAL DE BOLAS DE SIMPLE EFECTO



► Ball thrust bearings

Withstand axial loads only.

If radial load is applied must be associated with a radial bearing.



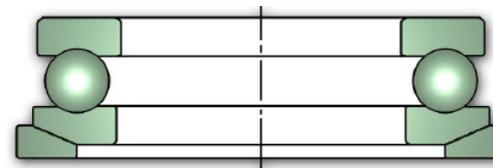
Vertical shaft
Tailstock
Plate pump

Soportan cargas axiales en una sola dirección

Adecuados para velocidades medias

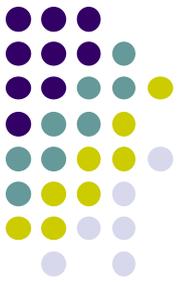
No admiten ninguna desalineación

OPCIONAL CON ARANDELA ESFÉRICA

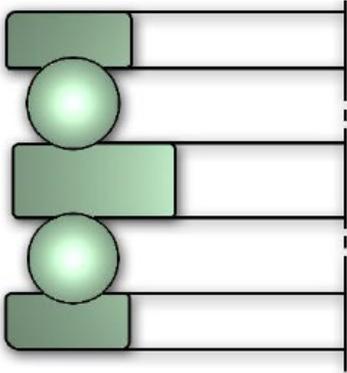


Puede absorber pequeñas desalineaciones

OTROS RODAMIENTOS AXIALES



AXIAL DE BOLAS DE DOBLE EFECTO

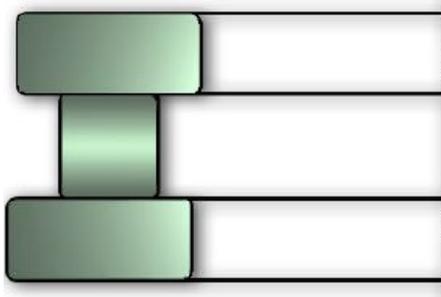


Soportan altas cargas axiales en ambas direcciones

Adecuados para velocidades medias

No admiten ninguna desalineación

AXIAL DE RODILLOS CILÍNDRICOS

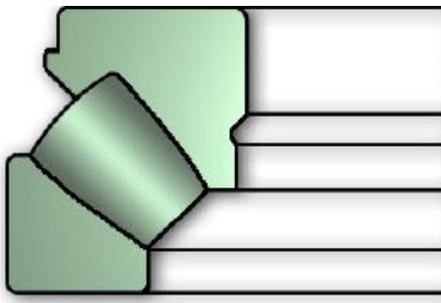


Soportan altas cargas axiales en una sola dirección

No admiten ninguna desalineación

Adecuados para velocidades bajas

AXIAL DE RODILLOS ESFÉRICOS O A RÓTULA



Soportan altas cargas axiales en una sola dirección: cargas medias radiales

Admiten un rango medio de desalineación

Adecuados para velocidades medias

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS



➔

Types	Cross-section	Load capabilities radial			Load capabilities axial			Limiting speed of rotation			Permissible misalignment between shaft and housing	
		low	medium	good	low	medium	good	low	medium	good	low	good
Radial ball bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
Double-row radial ball bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
Angular-contact ball bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
4-point angular-contact ball bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
Double-row angular contact ball bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
TWINLINE angular contact ball bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
Double-row self-aligning ball bearing		■	■		■	■		■	■	■		●
Cylindrical roller bearing (1)		■	■		■	■		■	■	■	●	
Tapered roller bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
TWINLINE tapered roller bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
Double-row spherical roller bearing		■	■		■	■		■	■	■		●
Single-direction ball thrust bearing		■	■		■	■		■	■	■	●	
Spherical roller thrust bearing		■	■		■	■		■	■	■		●

(1) Types NJ and NUP accept low axial loads

CONSIDERACIONES BASICAS SOBRE PROYECTO DE RODAMIENTOS



- Los especialistas (diseñadores-fabricantes) en rodamientos deben considerar los siguientes factores en el diseño de los mismos: carga de fatiga, fricción, calentamiento, resistencia a la corrosión, problemas cinemáticos, propiedades de los materiales, tolerancias de mecanizado, ensamble, uso y costo.
- La carga, la velocidad y la viscosidad del lubricante afectan la fricción de un rodamiento.
- ESTADO DE CARGAS
- Los puntos de las superficies de las pistas y los elementos rodantes están sometidos a sollicitación por fatiga, causada por la repetición de cargas de contacto

DISTRIBUCION DE CARGAS



Se desarrollan de contacto entre cada bola y la pista

$$R = P_0 + 2 * P_1 * \cos \gamma + \dots + 2 * P_n * \cos n \gamma \quad (1)$$

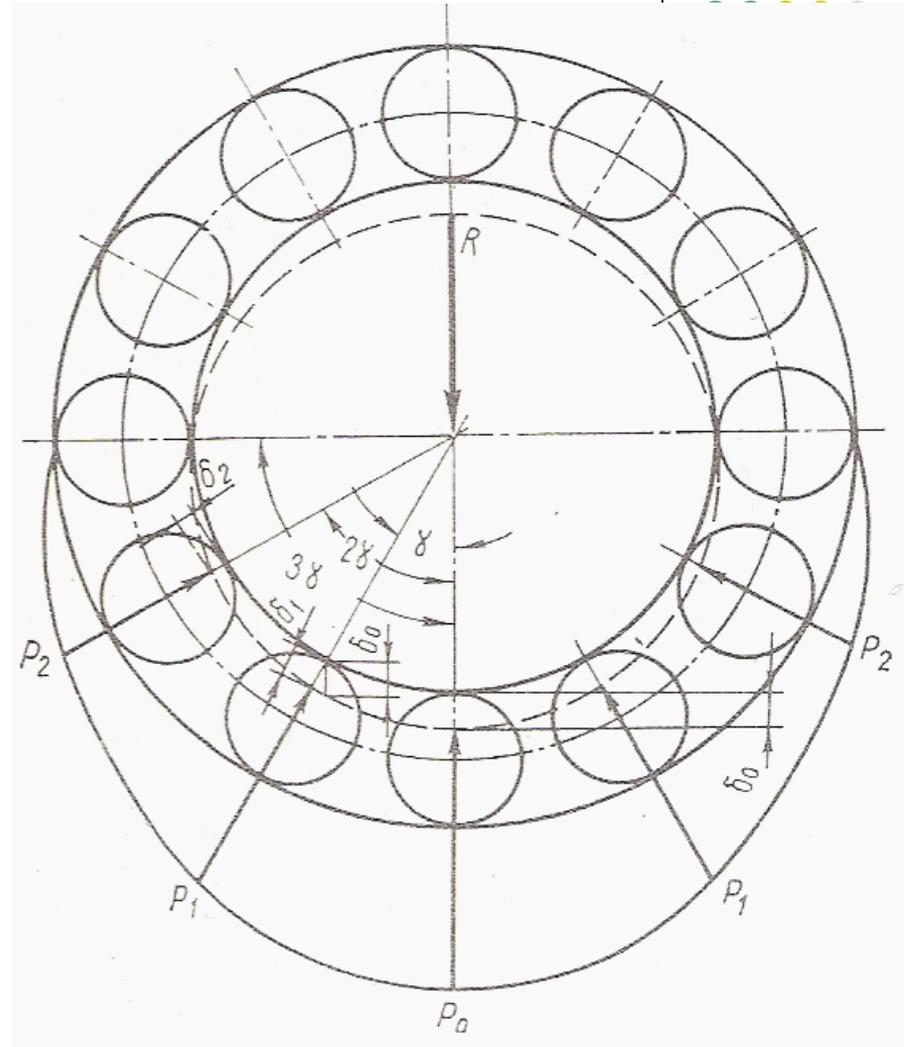
$$\delta_1 = \delta_0 * \cos \gamma;$$

$$\delta_2 = \delta_0 * \cos 2 \gamma \quad (2)$$

Por teoría de tensiones por contacto $\rightarrow \delta_i = C_b * P_i^{2/3} \quad (3)$

(2) Y (3) en (1) \rightarrow

$$R = P_0 * (1 + 2 \sum \cos^{5/2} i \gamma)$$





TENSIONES DE CONTACTO

La falla se produce por fatiga por tensiones de contacto entre bolilla y pista interna y pista externa

Conocida P_o ,
Es además afectada por el huelgo inevitable entre pista y bolilla (corrección experimental) y por las distintas curvaturas axiales y radiales.

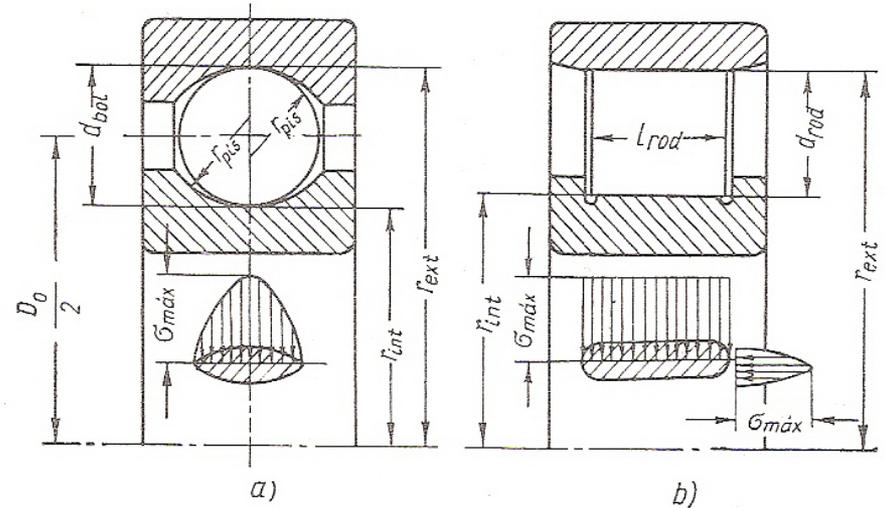
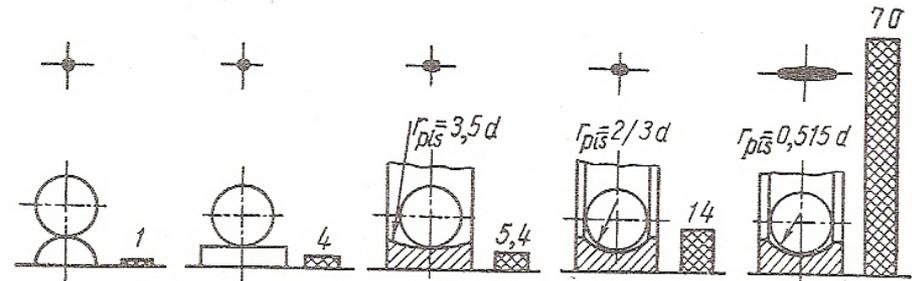


Fig. 261.

Por teoría de tensiones de contacto aplicada a este caso complejo

$$\sigma_{max} = K (P_o * (4/d_{bl} \pm 1/r_{int} - 1/r_{ps})^2)^{1/3}$$

K depende de la impronta y el material



El punto inferior de la pista esta sometido a una carga de fatiga por compresión de valores entre 0 y σ_{max}

A igual σ_{max} las columnas rayadas indican la cantidad de veces que aumenta P_o según caso.



CARGA / VIDA UTIL O DURACION

- Si el rodamiento se mantiene limpio y bien lubricado, se monta y opera en estas condiciones y se somete a temperaturas razonables, entonces la fatiga del metal será la única causa de falla.
- Debido a que la falla corresponde a muchos millones de aplicaciones de esfuerzo, se aplica esta consideración en el término duración ó vida del rodamiento.
- La duración ó vida útil de un rodamiento se define como el número total de revoluciones, ó el número de horas de giro a una velocidad constante dada, de operación del rodamiento hasta que se desarrolle el tipo de falla considerado.
- En condiciones ideales la falla por fatiga consistirá en picaaduras ó descascarado de las superficies que soportan la carga.

FALLAS POR FATIGA POR CONTACTO



Etapa inicial: Las “picaduras”
están aisladas entre sí

Etapa intermedia: Las “picaduras”
se asocian en roturas de
mayor tamaño.

La pista conserva su
característica general.

Etapa avanzada: las roturas
forman un descascaramiento
con pérdida del perfil general
de la pista.



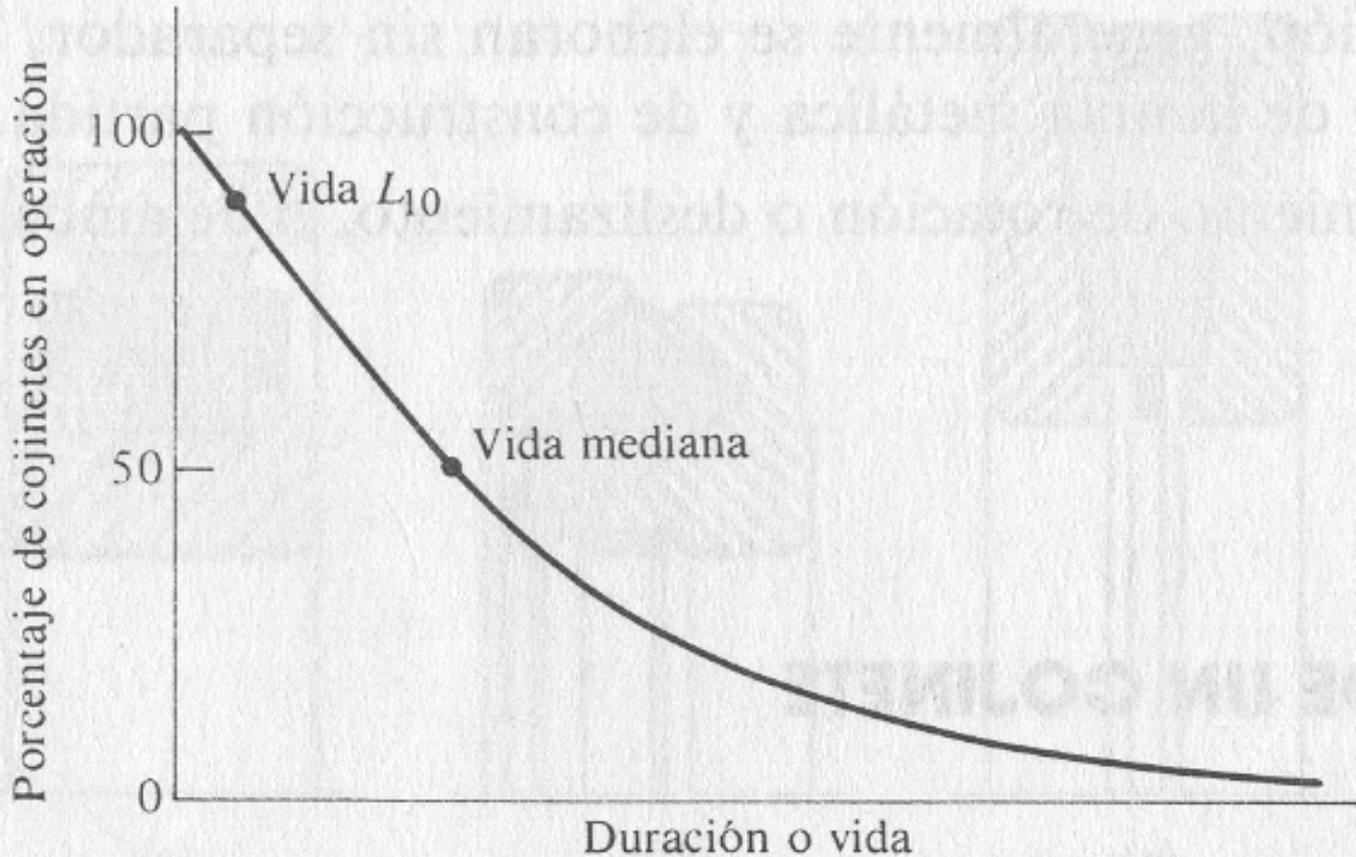


DURACION O VIDA UTIL

- Se define el término “duración nominal”, usado por la mayoría de los fabricantes de rodamientos.
- La duración nominal de un grupo de rodamientos de bolas ó rodillos idénticos se define como el número de revoluciones, u horas a una velocidad constante dada, que 90% de los rodamientos completará ó excederá antes de desarrollar el criterio de falla. Los términos duración mínima, duración L_{10} y duración B_{10} también se utilizan para designar la duración nominal.
- Duración promedio y duración mediana se usan en sentido general para describir la durabilidad de los rodamientos. Cuando grupos de muchos rodamientos se prueban hasta la falla, las vidas medianas de los grupos se promedian, dando como resultado la vida mediana de ese tipo de rodamientos.
- Al probar grupos de rodamientos el objetivo es determinar la vida mediana y la vida L_{10} (nominal). Se ha hallado experimentalmente que la vida mediana está entre 4 y 5 veces L_{10} .



DURACION O VIDA UTIL



Gráfica típica de la expectativa de duración de un cojinete.

VIDA/CARGA EN LOS RODAMIENTOS



- Se demostró experimentalmente (A.Palmberg-U.S.A.) que dos grupos de rodamientos idénticos probados bajo cargas radiales diferentes P_1 y P_2 tendrán duraciones respectivas L_1 y L_2 (a igual velocidad de rotación) de acuerdo a la siguiente relación:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^b \quad (1) \quad L_1 = (C/P)^{b*} 10^6$$

donde: L = vida (millones de revoluciones u horas de trabajo a una velocidad constante dada)

$b = 3$ para rodamientos de bolas y $10/3$ para rodamientos de rodillos

- Se ha establecido una designación de carga standard para rodamientos en la cual no se especifica la velocidad: capacidad básica de carga dinámica C . (resultante de la anterior ecuación haciendo $L_2 = 10^6$ revoluciones y $P_2 = C$)
- C es la carga radial constante que puede soportar un grupo de rodamientos idénticos hasta una duración nominal de un millón de revoluciones del aro interior (carga estacionaria y aro exterior fijo).
- C es tan alta que ocasionaría deformación plástica de las superficies de contacto donde fuera aplicada -> es un valor de referencia.

VIDA/CARGA EN LOS RODAMIENTOS



- Utilizando (1) obtenemos la vida de un rodamiento sometido a cualquier carga P , para $L_{2_{10}} = 1.000.000$ y $P_2 = C$, como:

$$L_{10} = (C/P)^b \times 10^6 \quad (2)$$

donde L está expresada en millones de revoluciones

C_0 = CAPACIDAD DE CARGA ESTÁTICA

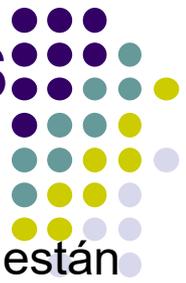
Es la carga estática que produce una deformación permanente de $0,0001 * d$

d = diametro de bolilla (o del rodillo)

C_0 es determinante para rodamientos que trabajan a velocidades muy bajas

C_0 influye parcialmente en los rodamientos que trabajan a altas velocidades

SELECCION DE RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS (TIPO PRE-ELEGIDO)



- Salvo los rodamientos axiales, los rodamientos de bolas generalmente están sometidos a una combinación de carga radial y axial.
- Como la capacidad básica de carga C de los catálogos está basada sólo en la carga radial es conveniente definir una carga radial equivalente P_e . Esta tendrá el mismo efecto sobre la vida del rodamiento que las cargas aplicadas. La ecuación ABMA para carga radial equivalente para rodamientos de bolas es el máximo de estos dos valores:

$$P_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (3)$$

donde: P_e = carga radial equivalente

F_r = carga radial aplicada

F_a = carga axial aplicada

V = factor de rotación

X = factor radial

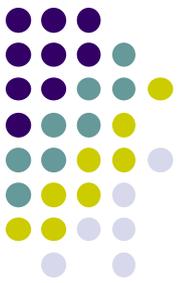
Y = factor axial

SELECCION DE RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS CILINDRICOS



- El factor de rotación V corrige las diversas condiciones de rotación:
 - Giro del aro interior $\rightarrow V = 1$
 - Giro del aro exterior $\rightarrow V = 1.2$ (la duración a la fatiga se reduce)
 - Rodamientos autoalineantes $\rightarrow V = 1$
- Los factores X y Y de las ecuaciones (3) dependen de la geometría del rodamiento, incluyendo el número de bolas y el diámetro de las mismas.
- Las recomendaciones para X e Y se basan en las razones F_a/C_o y F_a/F_r y un valor de referencia variable e . C_o esta tabulada junto con C .
- Debido a que los rodamientos de rodillos cilíndricos no resisten carga axial, ó muy poca, el factor Y siempre es cero.

SELECCION DE RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS CILINDRICOS



Factores de carga radial equivalente para cojinetes de bolas

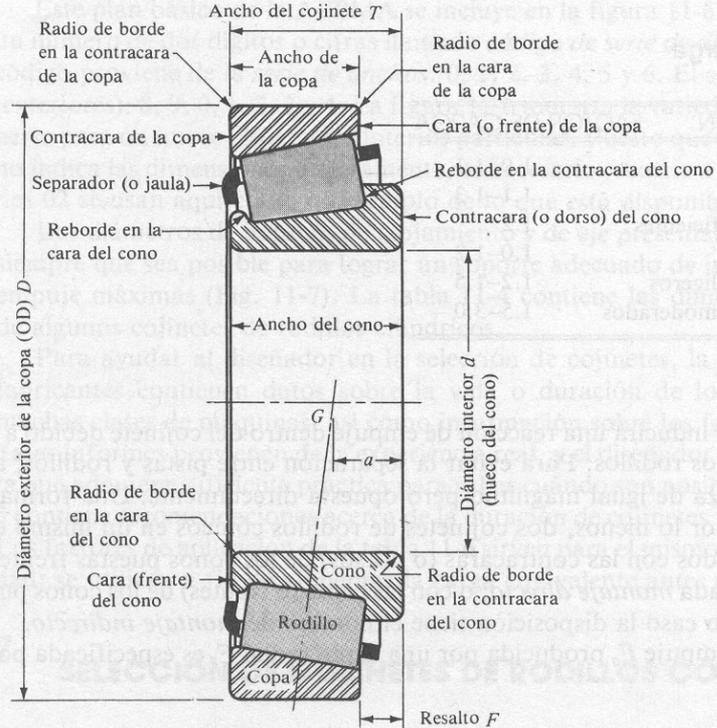
F_a/C_0	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

*Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.



RODAMIENTOS DE RODILLOS CONICOS

- La nomenclatura de estos rodamientos difiere un poco de la de los rodamientos de bolas ó rodillos cilíndricos. El aro interno se denomina cono y el externo se llama copa, siendo estos dos separables.

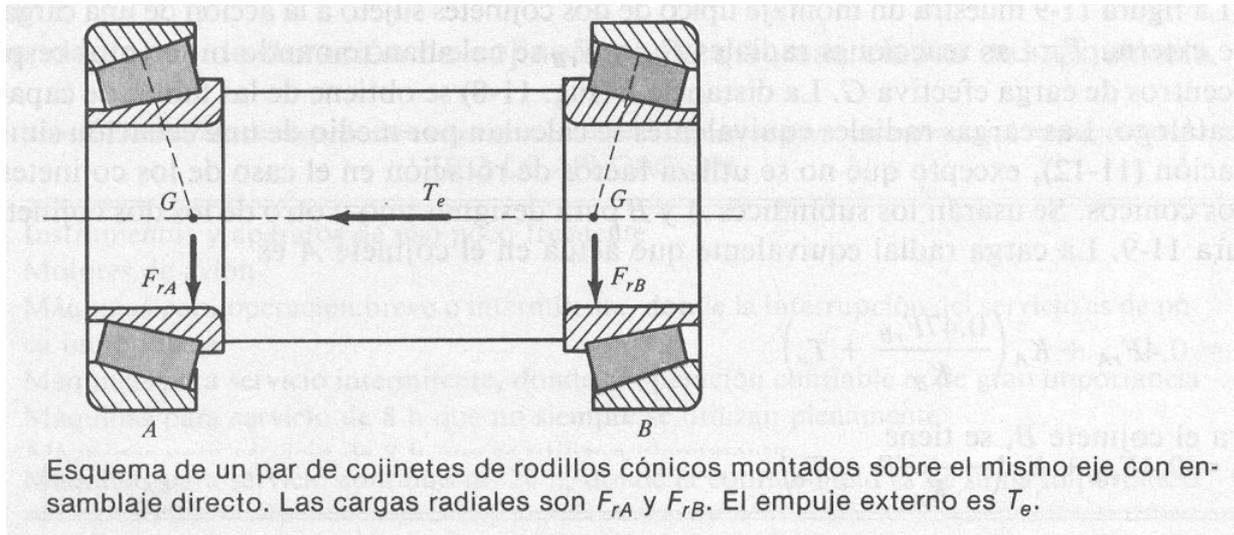


Nomenclatura de un cojinete de rodillos cónicos. El punto G es el centro de carga efectiva; se utiliza este punto para calcular la carga radial del cojinete (Cortesía de Timken Company.)

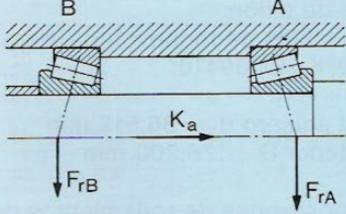
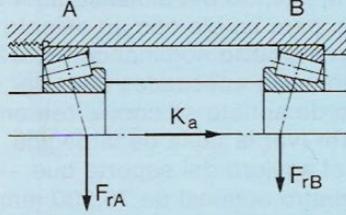
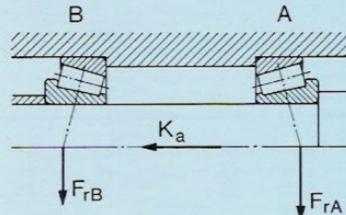
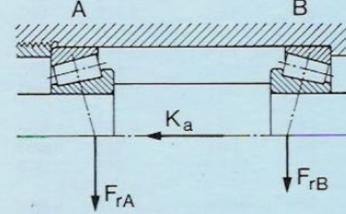


RODAMIENTOS DE RODILLOS CONICOS

- Un rodamiento de rodillos cónicos es capaz de soportar cargas radiales y axiales ó cualquier combinación de ambas.
- Debido a la conicidad de los rodillos, una carga radial inducirá una reacción axial en el rodamiento. Para evitar la separación entre pistas y rodillos, el empuje deberá resistirlo una fuerza de igual magnitud pero opuesta. Una forma de generarla es mediante el uso de por lo menos dos rodamientos cónicos en un mismo eje.



Cargas axiales sobre rodamientos de rodillos cónicos

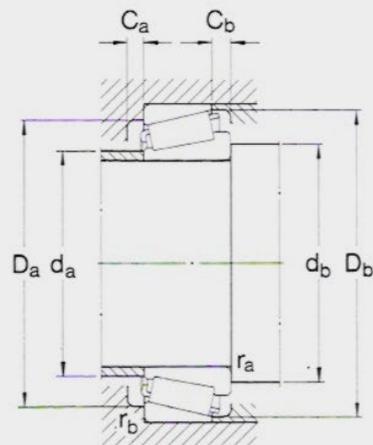
Disposición de los rodamientos	Caso de carga	Cargas axiales
<p>Montaje en O (espalda con espalda)</p> 	<p>1a) $\frac{F_{rA}}{Y_A} = \frac{F_{rB}}{Y_B}$ $K_a \geq 0$</p>	$F_{aA} = \frac{0,5 F_{rA}}{Y_A}$ $F_{aB} = F_{aA} + K_a$
	<p>1b) $\frac{F_{rA}}{Y_A} < \frac{F_{rB}}{Y_B}$ $K_a \geq 0,5 \left(\frac{F_{rB}}{Y_B} - \frac{F_{rA}}{Y_A} \right)$</p>	$F_{aA} = \frac{0,5 F_{rA}}{Y_A}$ $F_{aB} = F_{aA} + K_a$
<p>Montaje en X (frente a frente)</p> 	<p>1c) $\frac{F_{rA}}{Y_A} < \frac{F_{rB}}{Y_B}$ $K_a < 0,5 \left(\frac{F_{rB}}{Y_B} - \frac{F_{rA}}{Y_A} \right)$</p>	$F_{aA} = F_{aB} - K_a$ $F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B}$
<p>Montaje en O (espalda con espalda)</p> 	<p>2a) $\frac{F_{rA}}{Y_A} \leq \frac{F_{rB}}{Y_B}$ $K_a \geq 0$</p>	$F_{aA} = F_{aB} + K_a$ $F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B}$
	<p>2b) $\frac{F_{rA}}{Y_A} > \frac{F_{rB}}{Y_B}$ $K_a \geq 0,5 \left(\frac{F_{rA}}{Y_A} - \frac{F_{rB}}{Y_B} \right)$</p>	$F_{aA} = F_{aB} + K_a$ $F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B}$
<p>Montaje en X (frente a frente)</p> 	<p>2c) $\frac{F_{rA}}{Y_A} > \frac{F_{rB}}{Y_B}$ $K_a < 0,5 \left(\frac{F_{rA}}{Y_A} - \frac{F_{rB}}{Y_B} \right)$</p>	$F_{aA} = \frac{0,5 F_{rA}}{Y_A}$ $F_{aB} = F_{aA} - K_a$

• a





● a



Otras dimensiones				Dimensiones de resaltes										Factores de cálculo					
d	$d_1 \approx$	B	C	$r_{1,2}$ min	$r_{3,4}$ min	r_5 min	a	$d_{a \max}$	$d_{b \min}$	$D_{a \min}$	$D_{a \max}$	$D_{b \min}$	$C_{a \min}$	$C_{b \min}$	$r_{a \max}$	$r_{b \max}$	e	Y	Y_0
mm							mm										-		
35	54,5	21	18	2	1,5	0,6	16	46	44	70	71	74	3	4,5	1,5	1,5	0,31	1,9	1,1
	59,6	21	15	2	1,5	0,6	25	45	44	62	71	76	3	7,5	1,5	1,5	0,83	0,72	0,4
	54,8	31	25	2	1,5	0,6	20	44	44	66	71	74	4	7,5	1,5	1,5	0,31	1,9	1,1
	59,3	31	25	2	1,5	0,6	24	42	44	61	71	76	4	7,5	1,5	1,5	0,54	1,1	0,6
40	54,2	19	14,5	1	1	0,3	15	46	46	60	62	65	4	4,5	1	1	0,37	1,6	0,9
	57,5	26	20,5	1,5	1,5	0,6	18	47	47	65	68	71	4	5,5	1	1	0,35	1,7	0,9
	57,5	18	16	1,5	1,5	0,6	16	49	47	69	73	74	3	3,5	1	1	0,37	1,6	0,9
	58,4	23	19	1,5	1,5	0,6	19	49	47	68	73	75	3	5,5	1	1	0,37	1,6	0,9
	59,7	32	25	1,5	1,5	0,6	21	47	47	67	73	76	5	7	1	1	0,35	1,7	0,9
	61,2	32,5	28	2,5	2	0,6	22	48	50	70	75	80	5	5	2	2	0,35	1,7	0,9
	62,5	23	20	2	1,5	0,6	19	53	49	77	81	82	3	5	1,5	1,5	0,35	1,7	0,9
	67,1	23	17	2	1,5	0,6	28	51	49	71	81	86	3	8	1,5	1,5	0,83	0,72	0,4
	62,9	33	27	2	1,5	0,6	23	51	49	73	81	82	3	8	1,5	1,5	0,35	1,7	0,9
	67,1	33	27	2	1,5	0,6	27	50	49	67	81	84	4	8	1,5	1,5	0,54	1,1	0,6
45	60,4	20	15,5	1	1	0,3	16	52	51	67	69	72	4	4,5	1	1	0,40	1,5	0,8
	62,7	26	20,5	1,5	1,5	0,6	19	52	52	69	73	77	4	5,5	1	1	0,37	1,6	0,9
	63	19	16	1,5	1,5	0,6	18	54	52	74	78	80	3	4,5	1	1	0,40	1,5	0,8
	64	23	19	1,5	1,5	0,6	20	54	52	73	78	80	3	5,5	1	1	0,40	1,5	0,8
	66,7	23	19	1,5	1,5	0,6	23	53	52	70	78	80	4	5,5	1	1	0,60	1	0,6
	65,2	32	25	1,5	1,5	0,6	22	52	52	72	78	81	5	7	1	1	0,40	1,5	0,8
	74	26,5	20	2,5	2,5	0,6	32	54	55	71	83	91	3	9	2	2	0,88	0,68	0,4
	68,5	35	30	2,5	2,5	0,6	23	55	55	80	83	89	6	6	2	2	0,33	1,8	1
	70,1	25	22	2	1,5	0,6	21	59	54	86	91	92	3	5	1,5	1,5	0,35	1,7	0,9
	74,7	25	18	2	1,5	0,6	31	57	54	79	91	95	4	9	1,5	1,5	0,83	0,72	0,4
	70,4	36	30	2	1,5	0,6	25	57	54	82	91	93	4	8	1,5	1,5	0,35	1,7	0,9
	74,8	36	30	2	1,5	0,6	30	55	54	76	91	94	5	8	1,5	1,5	0,54	1,1	0,6

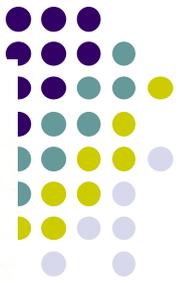
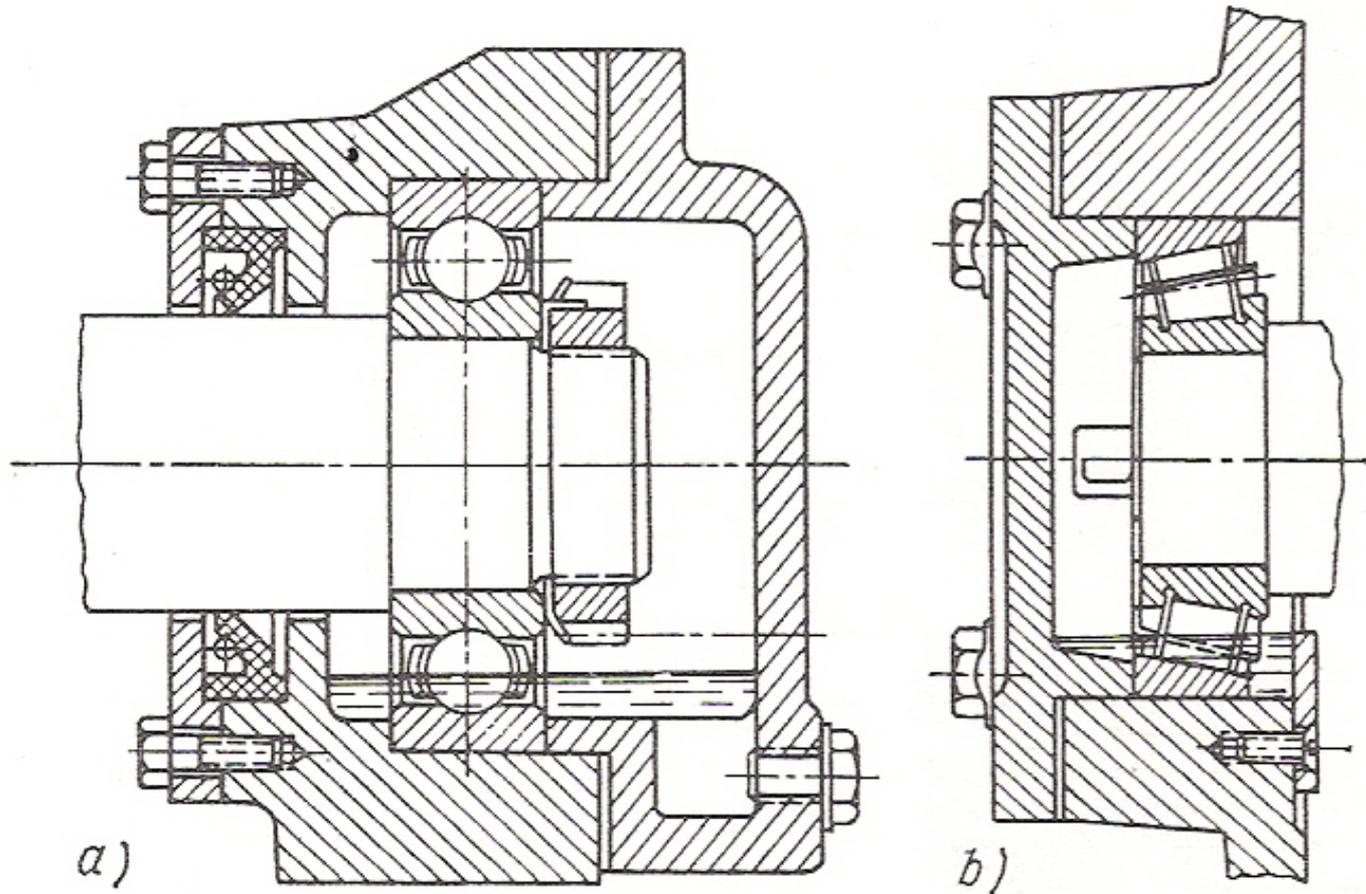
LUBRICACION

- TIPICAMENTE POR GRASA O POR ACEITE (existen casos de lubricacion solida para cojinetes que trabajan a alta temperatura)



- **GRASA**

- Bajo Rozamiento (bien dosificada)
- Buena Absorción de Ruidos
- Sencillez de diseño y operacion
- Regular evacuacion de calor y mala de particulas
- **ACEITE** por BAÑO o por INYECCION
- Bajo Rozamiento
- media absorcion de ruidos
- Buena evacuación de calor y particulas (especialmente por inyección)



EJEMPLOS DE LUBRICACION CON ACEITE POR BAÑO

Disposiciones de Rodamientos



Un componente giratorio de una máquina , por ejemplo, un árbol o un eje, precisan dos rodamientos para sostenerlo y fijarlo radial y axialmente respecto a la parte estacionaria de la máquina. Dependiendo de la aplicación , la carga , la exactitud de giro requerida y las consideraciones económicas , la disposición puede constar de:

- Rodamientos Fijos y Libres.
- Rodamientos Apareados.
- Rodamientos “Libres”

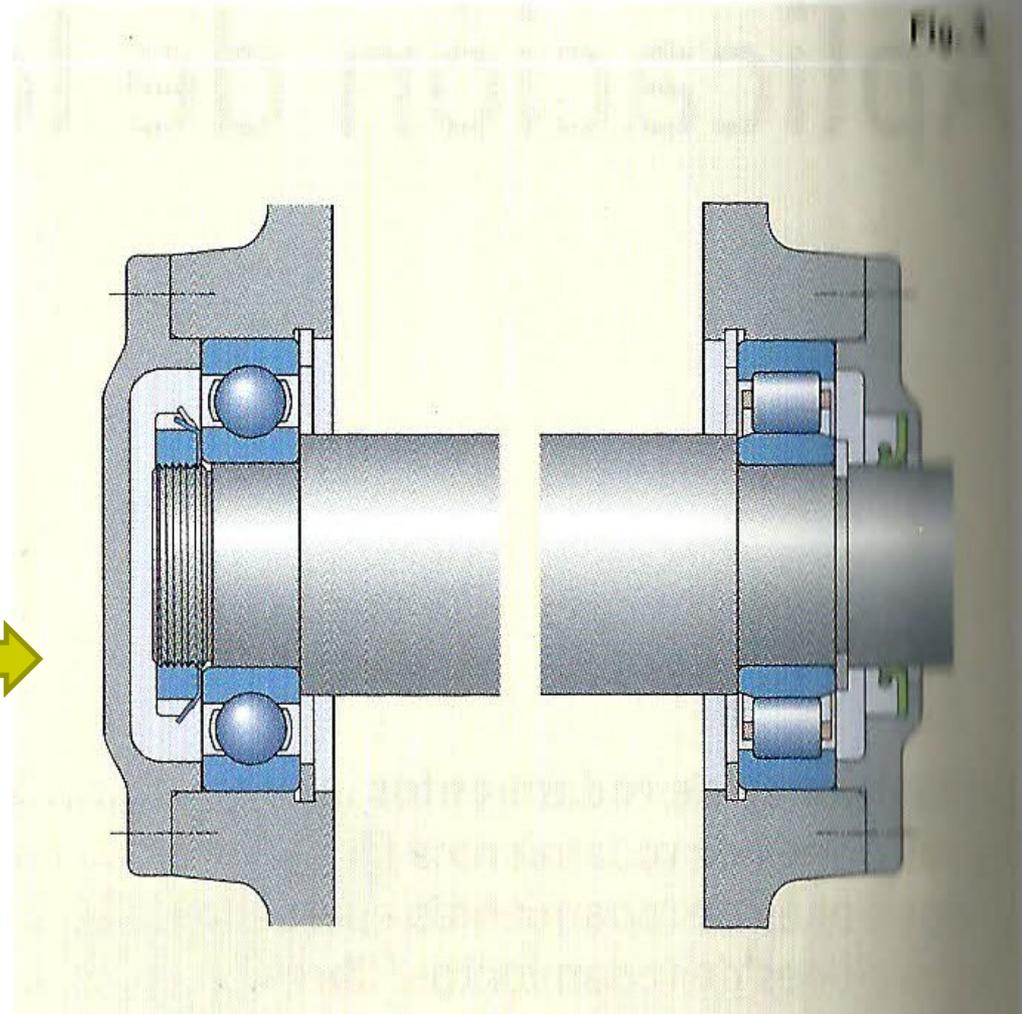
Las disposiciones de rodamientos que comprenden un único rodamiento capaz de soportar cargas radiales, axiales, por ejemplo una junta articulada escapan de los alcances de la materia.

RODAMIENTO FIJO

El Rodamiento fijo en este extremo del eje proporciona , soporte radial y al mismo tiempo fija axialmente el árbol en ambos sentidos.

Deben tener una fijación en el árbol y en el soporte.

Los rodamientos combinados son adecuados como rodamientos fijos. Ejemplo: Rodamientos Rígidos de Bolas, de dos hileras de bolas , Apareados los de contacto Angular, los rodamientos de bolas a rótula , los de rodillos a rótula y los de rodillos cónicos apareados.



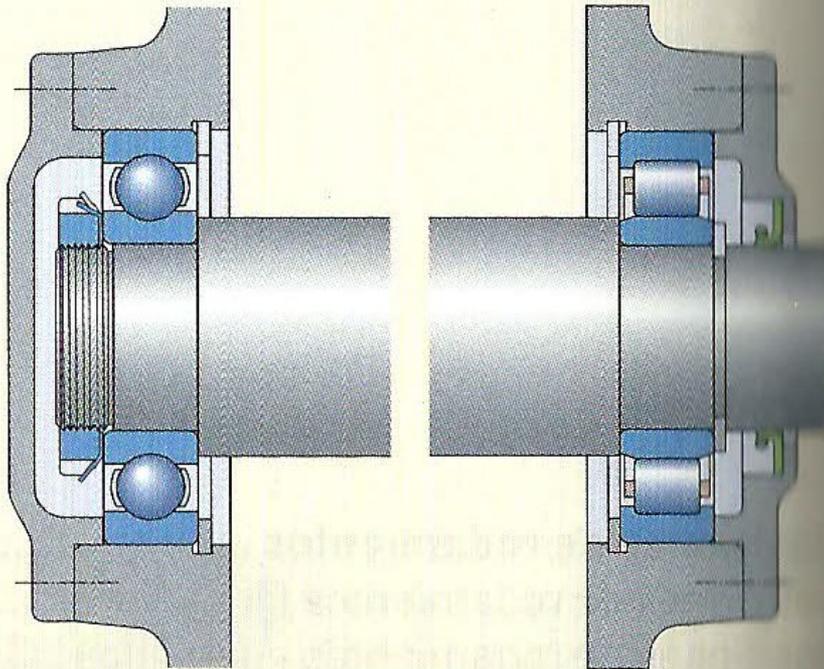


RODAMIENTO LIBRE

El rodamiento libre sólo proporciona soporte radial.

También debe permitir los desplazamientos axiales de manera que no se produzcan tensiones recíprocas entre los rodamientos, por ejemplo cuando varía la longitud del árbol o eje debido a las dilataciones térmicas.

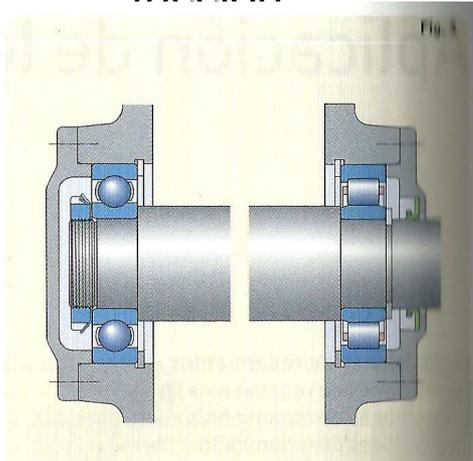
Los desplazamientos axiales pueden tener lugar en el mismo rodamiento como es el caso de los rodamientos de agujas, los rodamientos de rodillos cilíndricos de diseño UN y N y los rodamientos CARB. También el desplazamiento se puede producir entre uno de los aros del rodamientos y su asiento. Preferiblemente en el aro exterior y su asiento en el alojamiento.



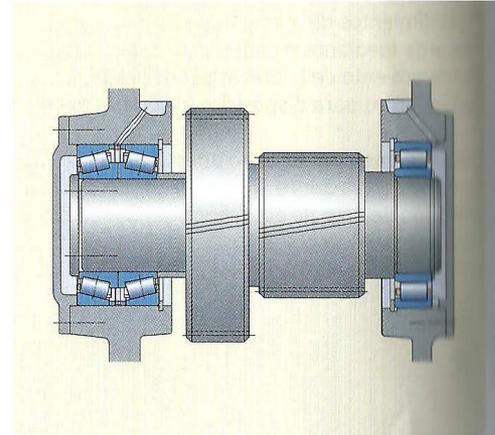
Disposiciones rígidas de Rodamientos



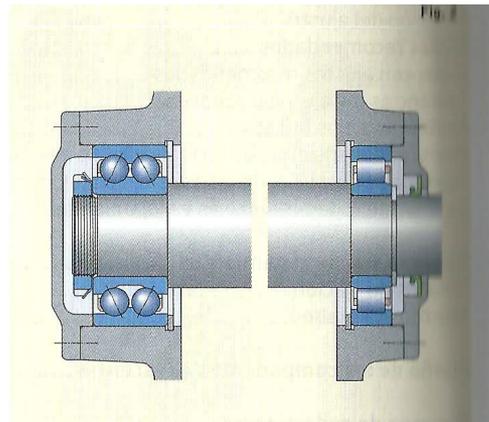
Se producen desplazamientos axiales dentro del rodamiento “sin fricción”



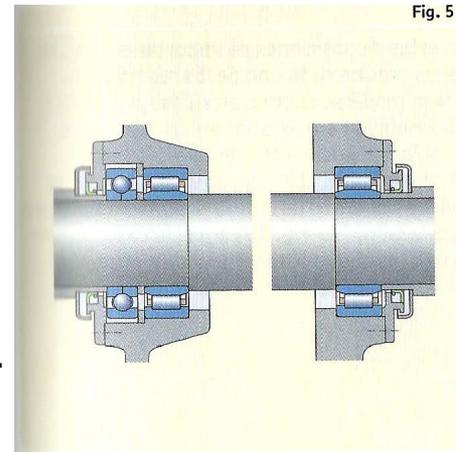
Rígido de Bolas / Rodamientos de Rodillos Cilíndricos.



Rodamientos de una hilera de rodillos cónicos
Apareados/
Rodamiento de Rodillos Cilíndricos



Dos hileras de bolas de Contacto Angular/
rodamientos de rodillos cilíndricos.



Rodamiento de rodillos cilíndricos NU y rodamientos de bolas de 4 puntos de contacto/rodamiento de rodillos cilíndricos NU

Disposiciones con Desalineación

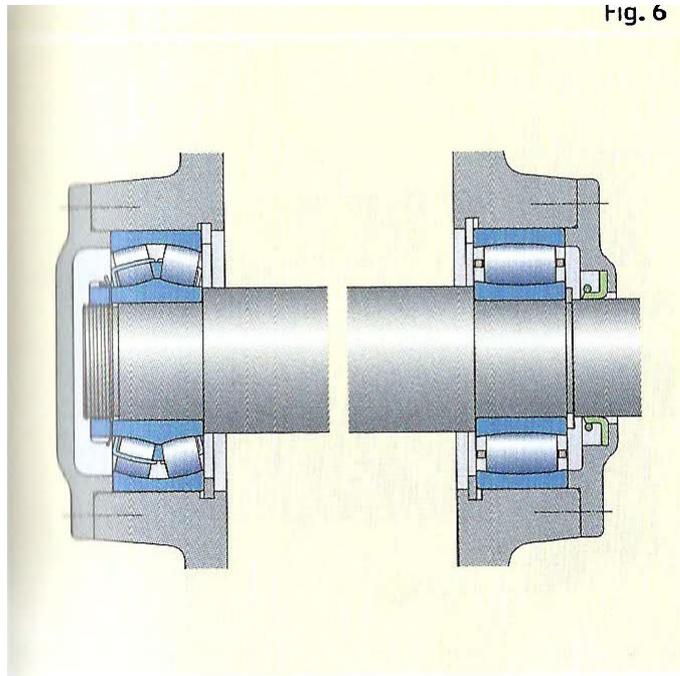


Para las anteriores combinaciones , la desalineación angular del árbol debe mantenerse al mínimo. Si esto no fuera posible , se recomienda utilizar combinaciones de rodamientos auto-alineables con el fin de permitir la desalineación.

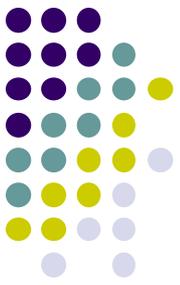
Pueden ser:

Rodamiento de bolas a Rótula / Rodamiento CARB

Rodamiento de rodillos a Rótula / Rodamiento CARB (Figura)

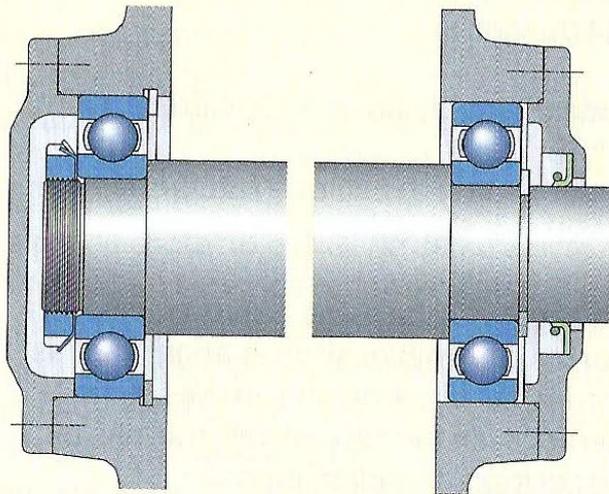


Disposición donde los cambios de longitud deben ser soportados entre el rodamiento y su asiento

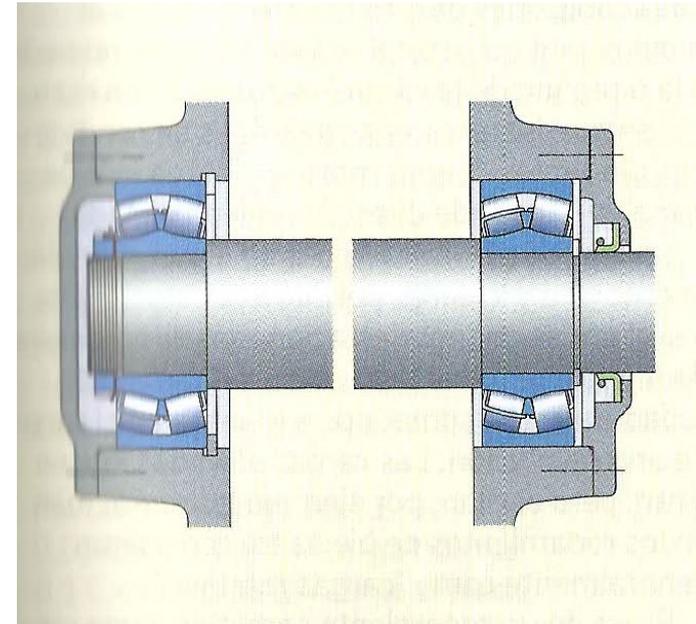


En este caso el desplazamiento axial debe producirse entre el aro exterior del rodamiento y el soporte. Las combinaciones más habituales son:

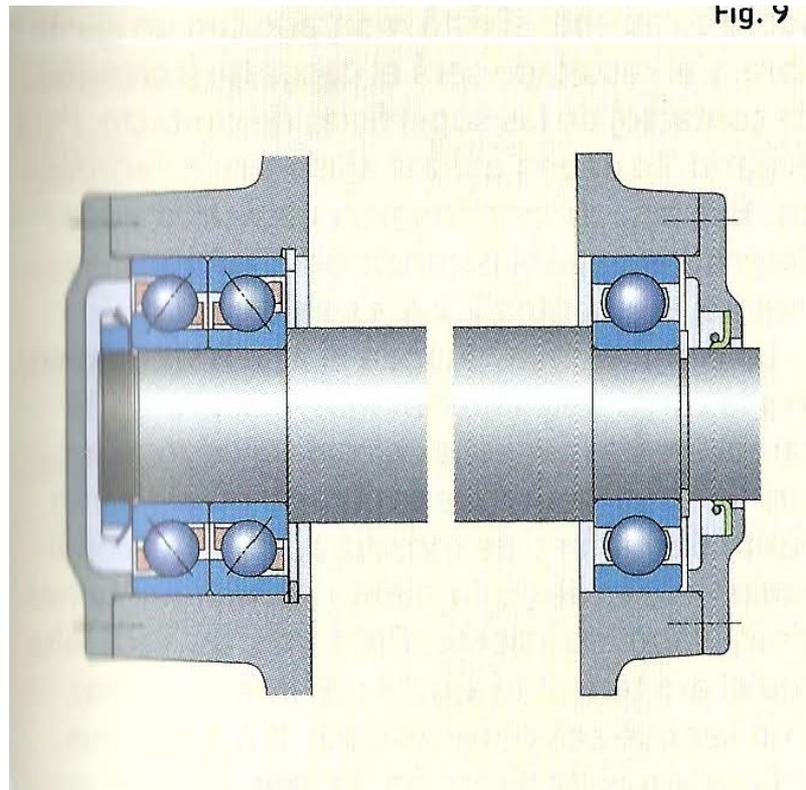
Fig. 7



Rígido de Bolas/ Rígido de Bolas



Bolas o rodillos a Rótula/Bolas o rodillos a Rótula.

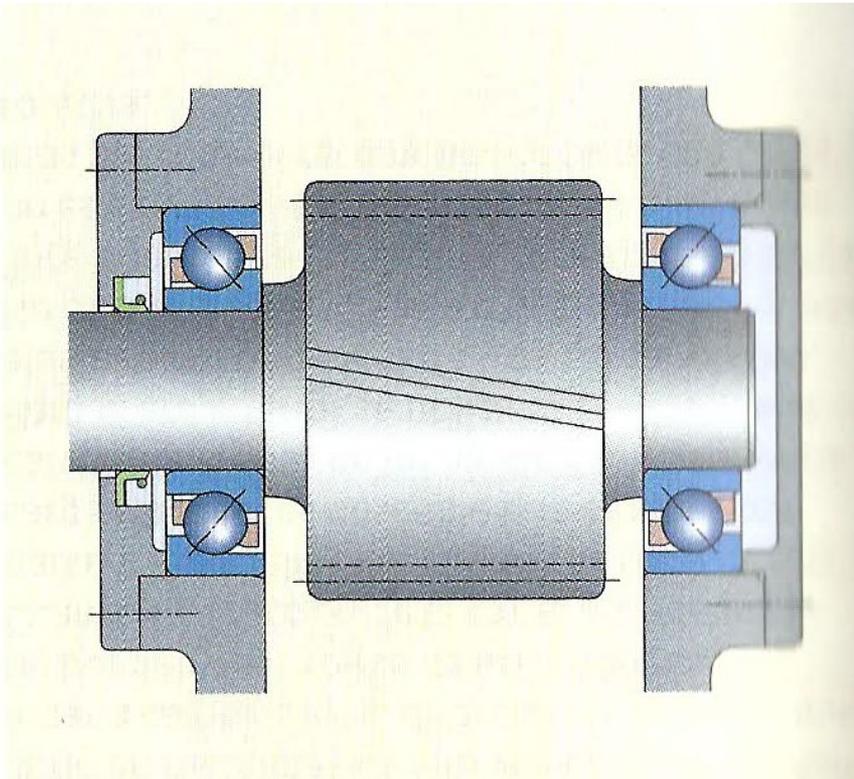


Rodamiento de una Hilera de bolas con contacto angular apareados /Rodamiento rígido de bolas.

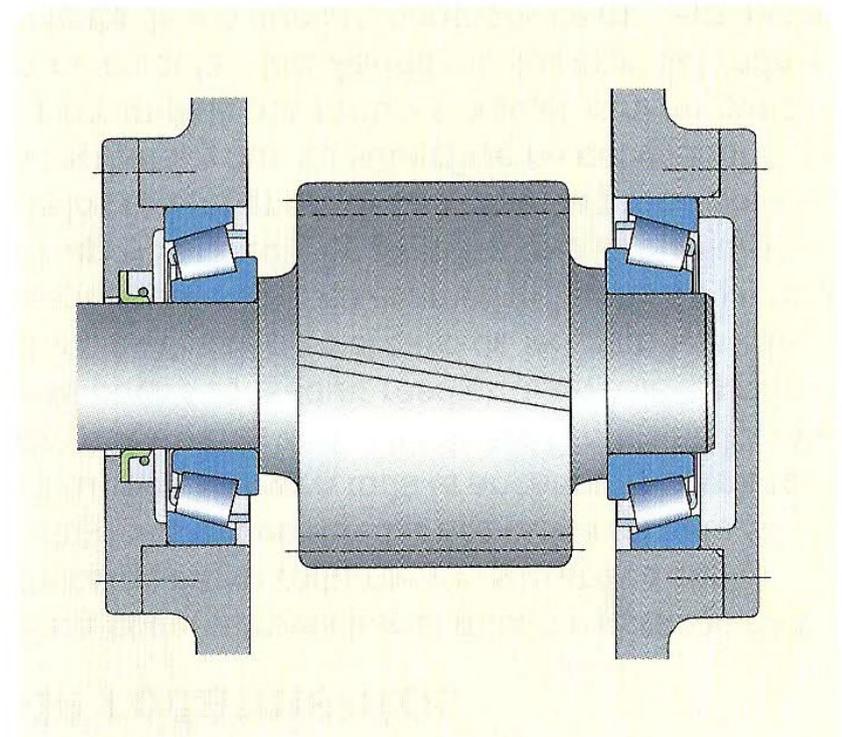
Disposiciones de Rodamientos

Apareados

En estas disposiciones el árbol está fijado axialmente en un solo sentido por uno de los rodamientos y en sentido opuesto por el otro rodamiento. Este tipo de fijación se denomina “Fijación Cruzada” y se puede utilizar para ejes cortos. Entre los rodamientos adecuados se encuentran los rodamientos axiales, al menos en

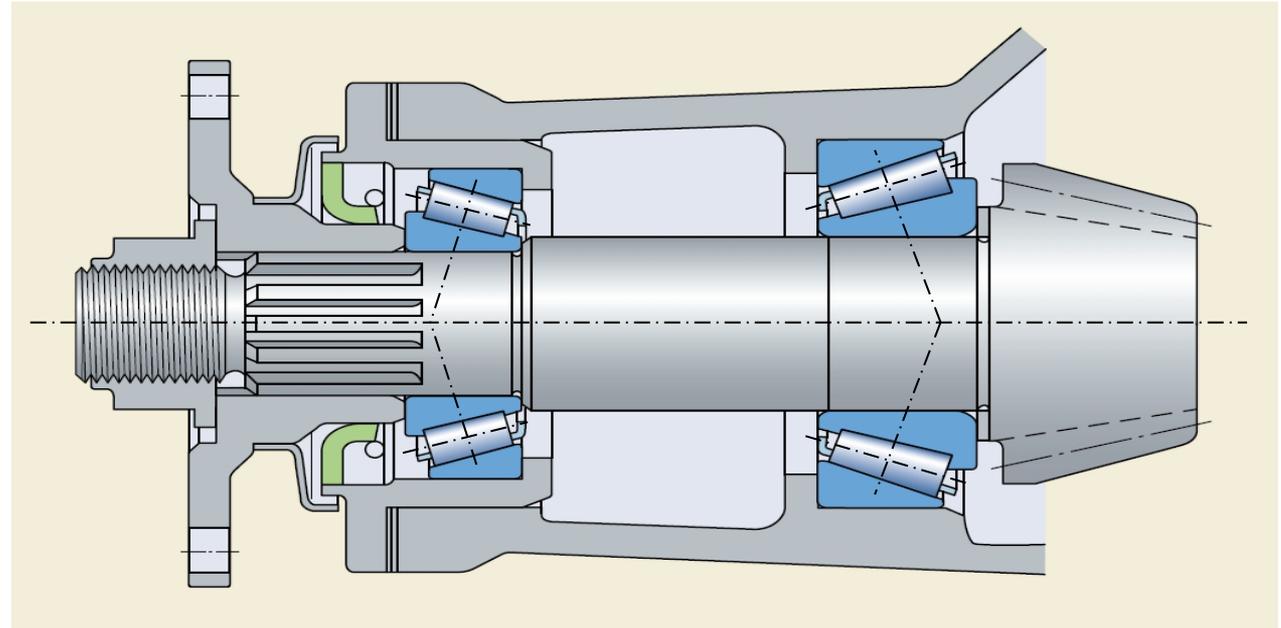
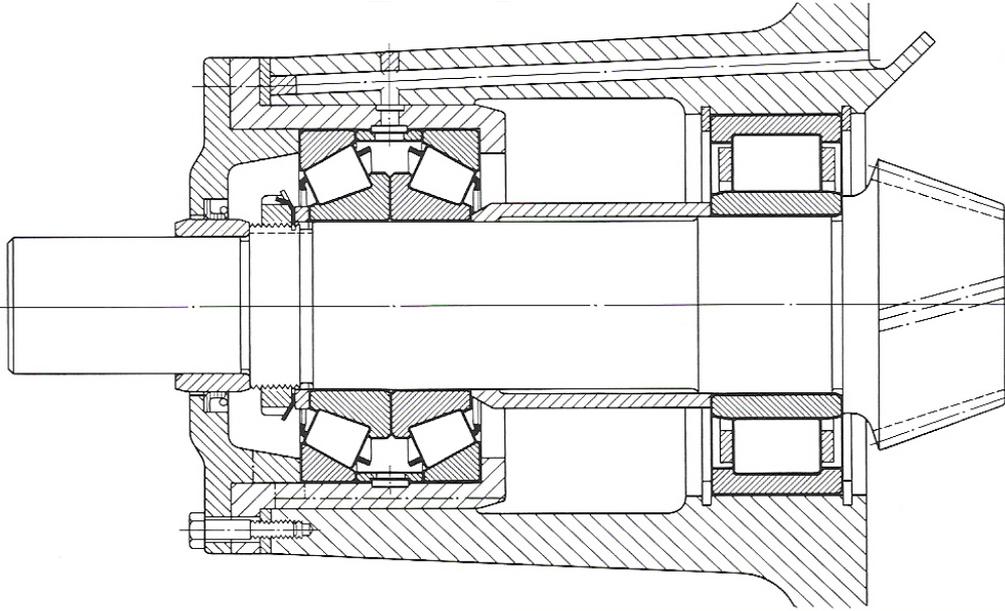


Rodamientos de Bolas con
Contacto Angular

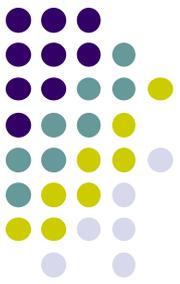


Rodamientos de Rodillos Cónicos

Montaje para Árbol Piñon



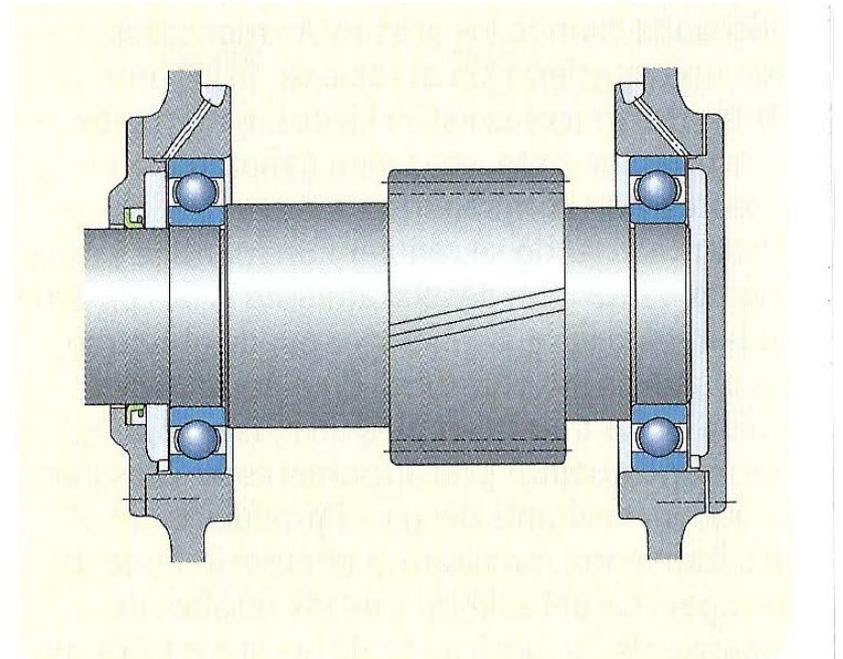
Disposiciones de Rodamientos “Libres”



Las disposiciones de rodamientos libres también tienen una fijación cruzada y son adecuadas cuando las exigencias relacionadas con la fijación axial son moderadas o cuando otros componentes del árbol sirven para fijarlo axialmente. Se presentan en:

- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos de bolas a rótula
- Rodamientos de rodillos a rótula

En estas disposiciones es importante que uno de los aros de cada uno de los rodamientos pueda moverse sobre o en su asiento preferentemente el aro exterior en su asiento.



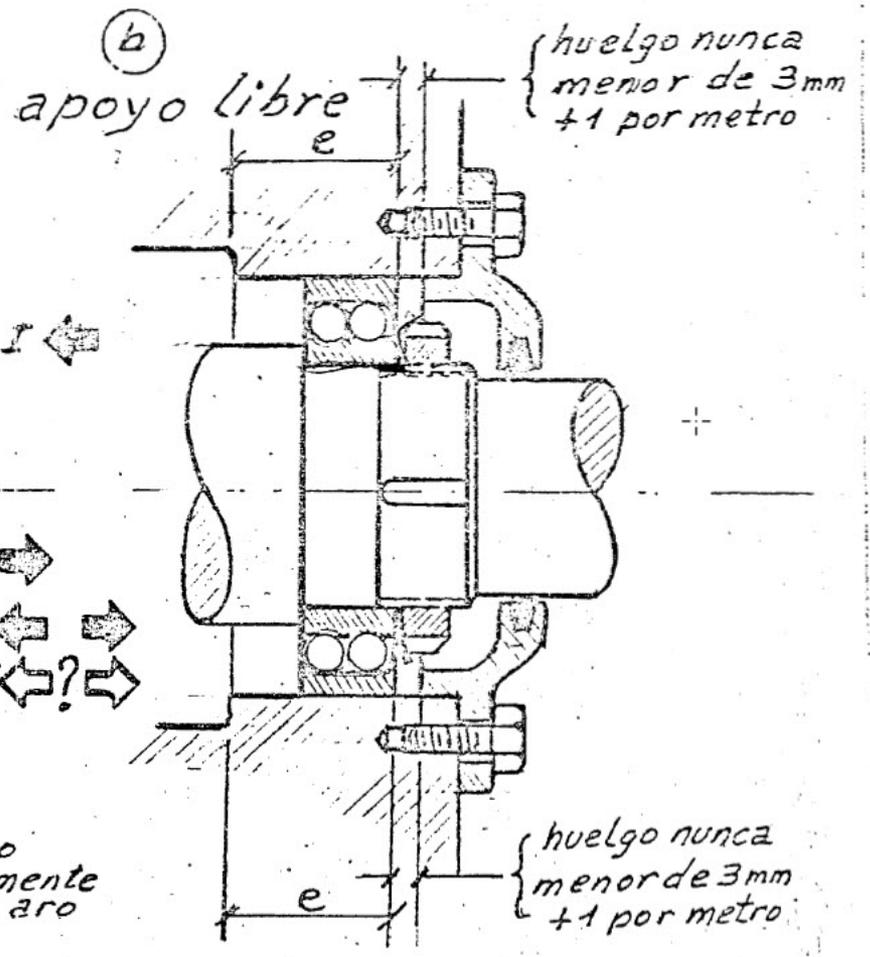
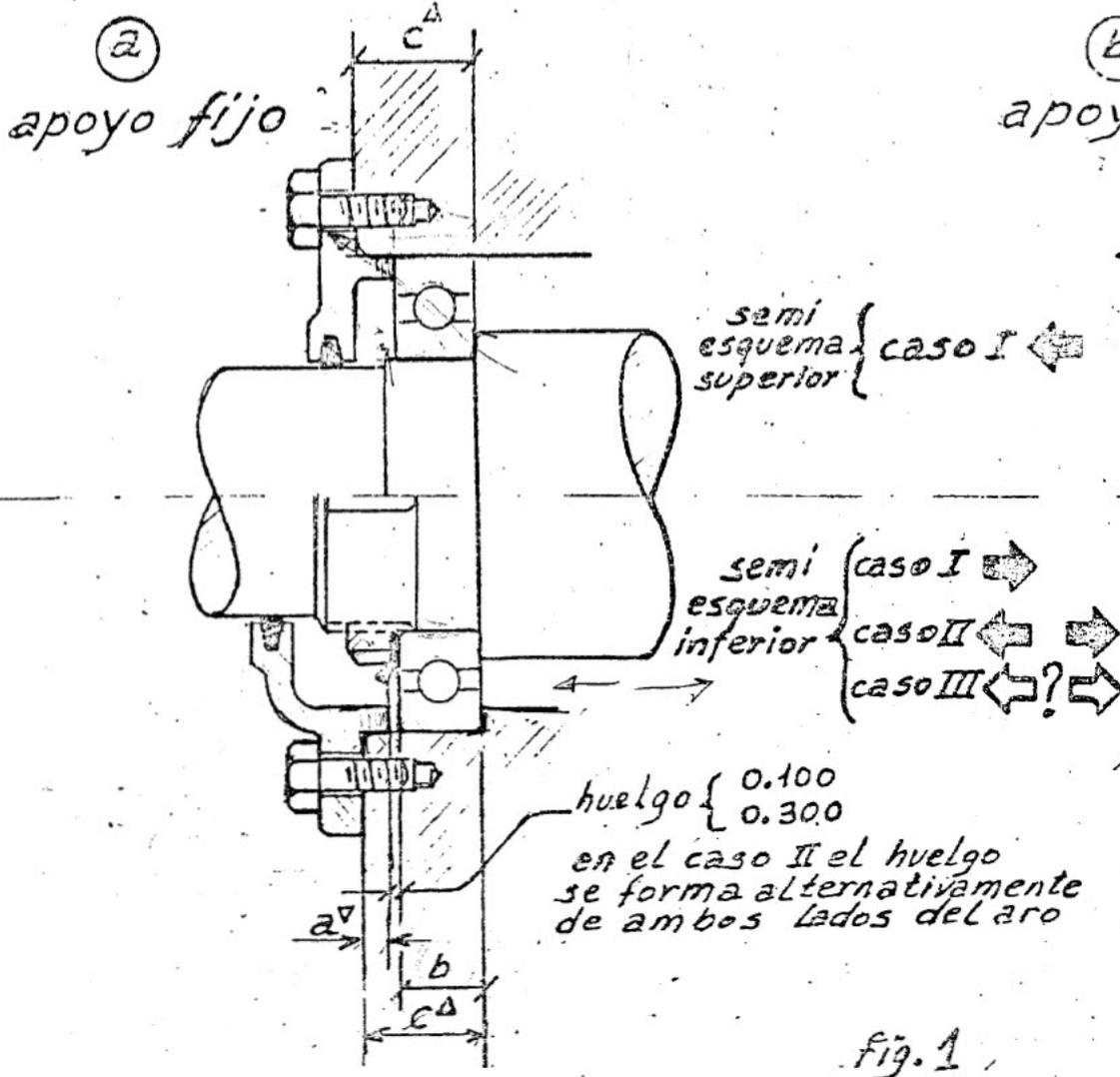
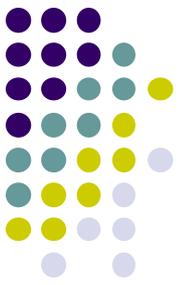


Fig. 1

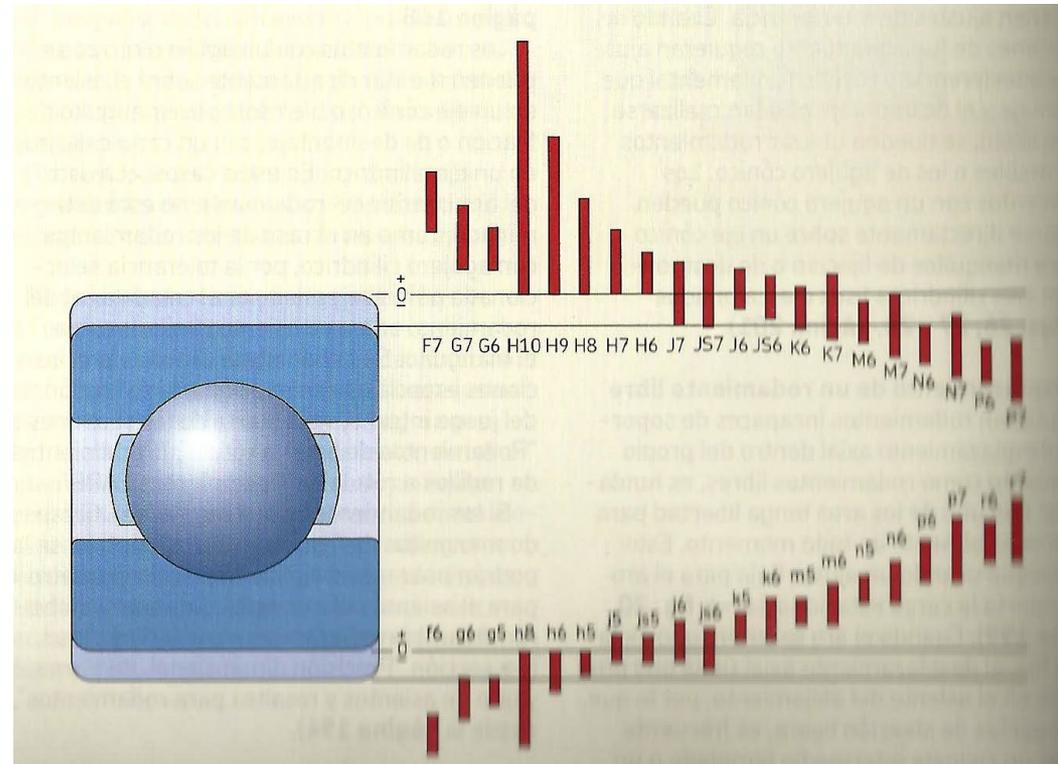
Fijación Radial



Para aprovechar al máximo la capacidad de carga de un rodamiento, sus aros o sus arandelas deben quedar apoyados en toda su circunferencia y en toda la anchura del camino de rodadura. El apoyo ha de ser firme y uniforme y se puede obtener por un asiento cilíndrico o cónico y en el caso de la arandela para los que soportan cargas axiales, mediante una superficie plana.

Para obtener la fijación es necesario establecer ajustes de interferencia con las tolerancias dimensionales de los aros y los asientos para obtener un apoyo adecuado.

Si se requiere un montaje y desmontaje fácil o un desplazamiento axial con un rodamiento libre, no siempre puede utilizarse un ajuste de interferencia.

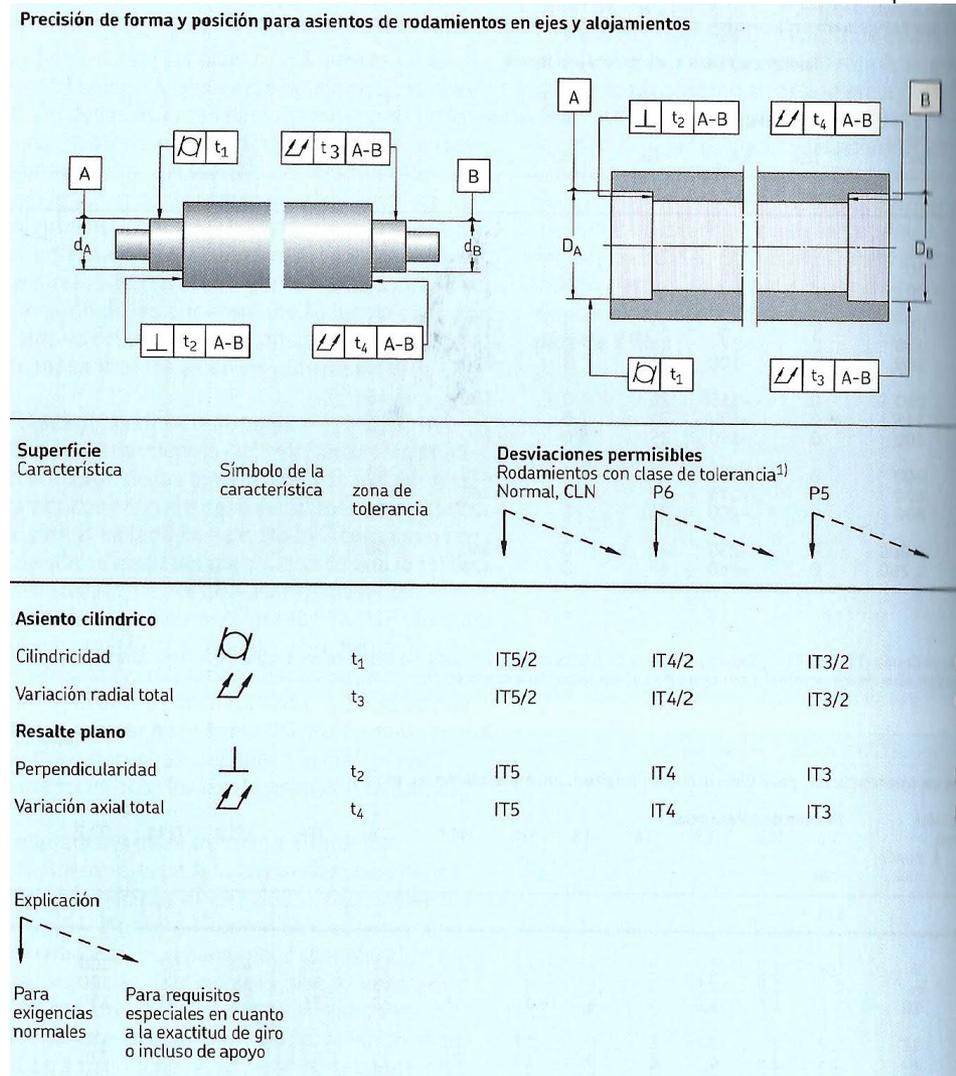


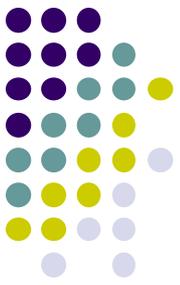
Fijación Radial

La forma de la superficie su cilindricidad, concentricidad y perpendicularidad deben permitir un montaje entre el asiento y el aro que asegure un correcto funcionamiento del rodamiento. Esto hace que las tolerancias geométricas de los asientos del árbol sean las adecuadas.

Rugosidad Superficial del árbol:

Las rugosidades superficiales de los asientos están relacionados con las tolerancias dimensionales y geométricas requeridas

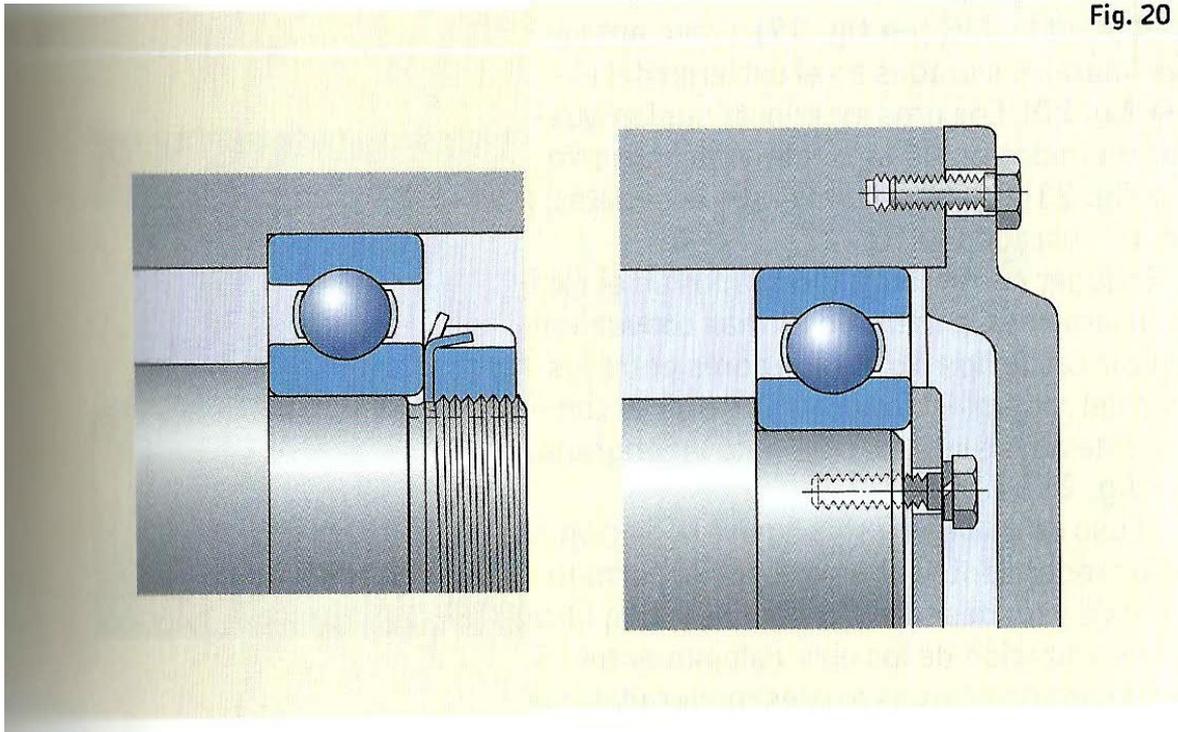




Fijación Axial de los Rodamientos

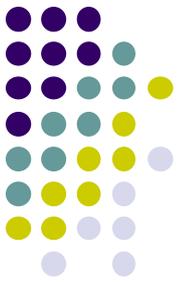
Un ajuste de interferencia , por si solo, no es apropiado para fijar el aro de un rodamiento. Por lo tanto, serán necesarios algunos sistemas adecuados para fijar axialmente el aro.

Rodamientos Fijos: Ambos aros de los rodamientos deben ser fijados axialmente a ambos lados.

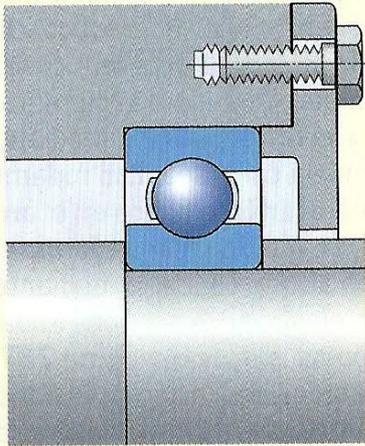


En el lado opuesto , los aros interiores se fijan con tuerca de fijación , como se muestra en la figura.

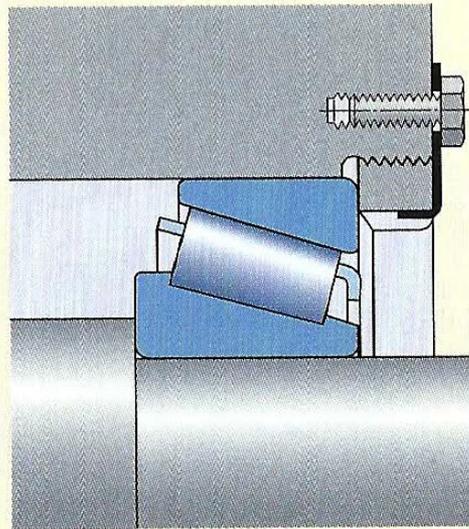
En la otra figura se fijan mediante placas laterales situadas en el extremo del eje.



Fijación Axial de los Rodamientos



Los aros exteriores suelen quedar retenidos por la tapa lateral del soporte.

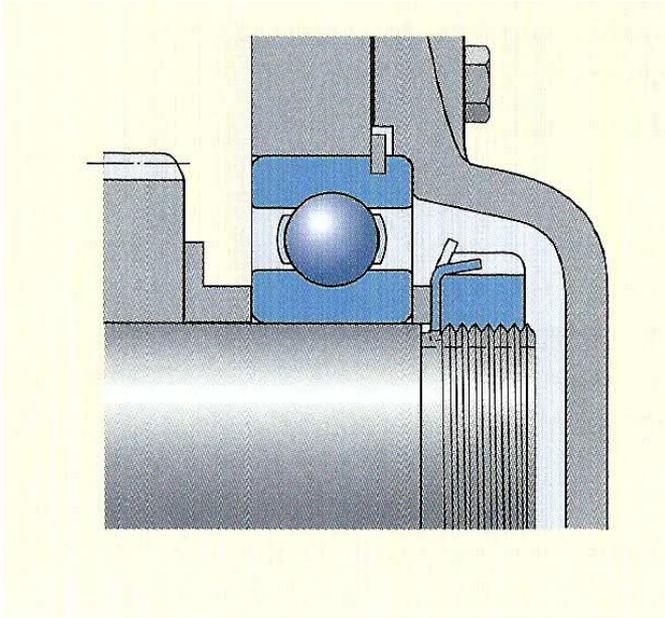


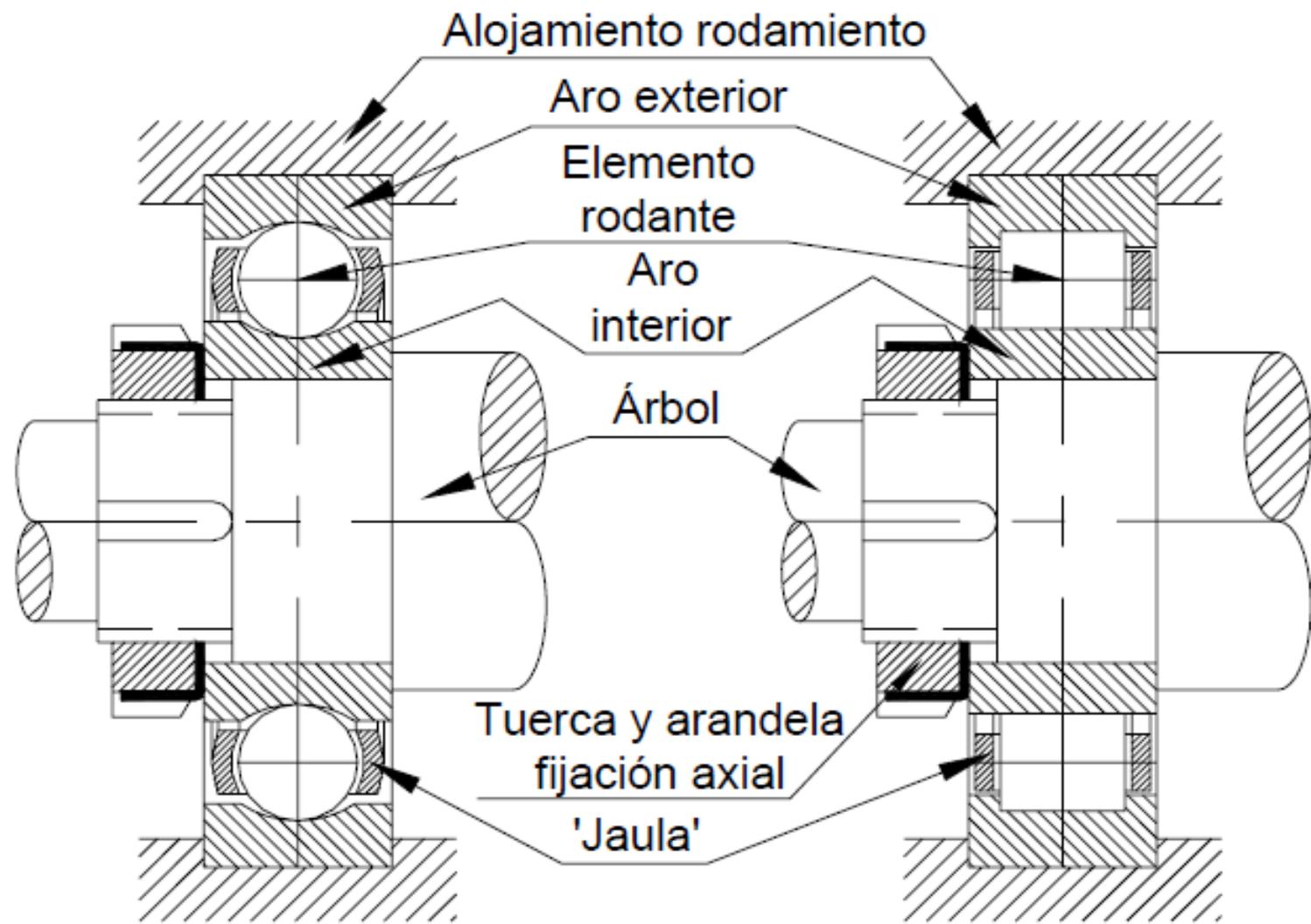
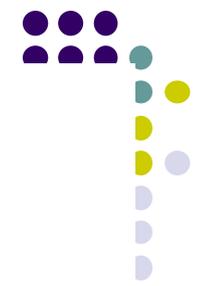
En casos especiales se utiliza un aro roscado.



Fijación Axial de los Rodamientos

En lugar de rebordes integrados en el árbol o eje o en el alojamiento a menudo es más conveniente utilizar casquillos o distanciadores entre los aros del rodamiento o entre un aro y el componente adyacente , por ejemplo un engranaje.





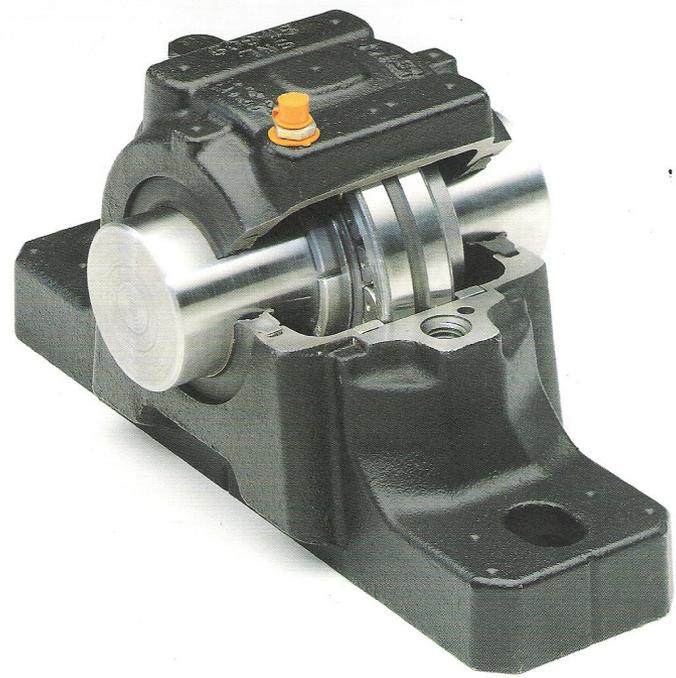
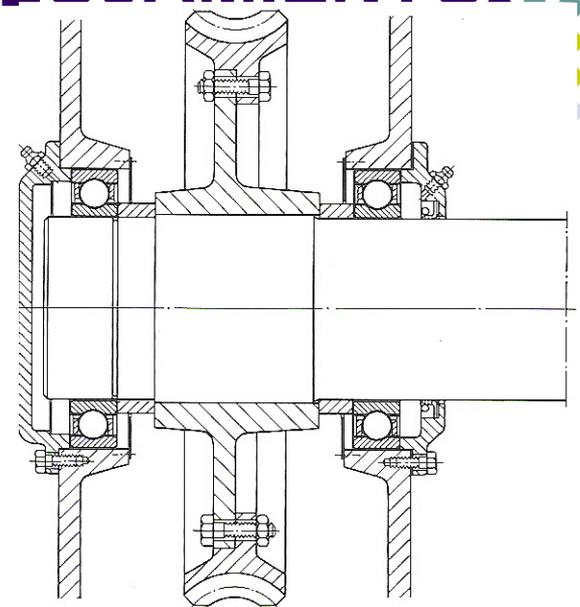
Rígido radial de una hilera de bolas

Rodillos cilíndricos

MONTAJE

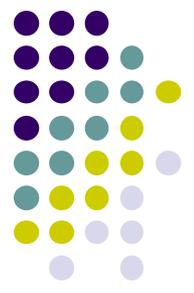


EJEMPLOS DE MONTAJE Y ALOJAMIENTO





RODAMIENTOS



FIN

