

# *Conocimiento y selección de rodamientos*



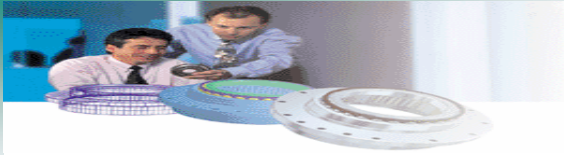
*Madrid, 3 de marzo de 2006*

SNR - Industry





- ***Presentación SNR***
- ***Selección de rodamientos en función de la aplicación***
  - ✓ ***Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias***
  - ✓ ***Jaulas***
  - ✓ ***Estanquidades***
  - ✓ ***Simbolización***
- ***Duración de vida***
  - ✓ ***Capacidad de carga dinámica y estática***
  - ✓ ***Duración de vida nominal***
  - ✓ ***Duración de vida corregida***
  - ✓ ***Fiabilidad***
- ***Montaje e instalación de rodamientos***
  - ✓ ***Juego radial***
  - ✓ ***Ajustes***
  - ✓ ***Selección lubricante adecuado***
  - ✓ ***Averías más frecuentes***
- ***Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida***
- ***Ejemplos***



## ***SNR Group***



- Implantada desde **1916** en cabeza de la Mecánica de precisión francesa
- Filial **Renault - Nissan**

- N°1 en Francia
- N°2 en Europa en el sector del Automóvil

SNR - Industry





## ***SNR Group***



- CN 2004 : 506 Millones de Euros (47,5% exportación)
- 4000 personas
- 11 plantas de producción
- Red en expansión :
  - 12 filiales comerciales en 2003
- 1 centro logístico mundial (Lyon)

SNR - Industry





## ***SNR Group***

### ➤ ***11 plantas de producción***

#### ***5 plantas en Francia***

Annecy : Sede social y planta de producción ; Brutos y rodamientos especiales

Seynod : Cuerpos rodantes y rodamientos de bolas

Argonay : Rodamientos de alta precisión para aeronáutica y máquina-herramienta

Meythet : Rodamientos de rodillos

Cévennes : Rodamientos de bolas, rodillos cónicos y bujes

#### ***6 plantas en el extranjero***

Italia (Turín) : rodamientos de rodillos esféricos

Alemania (Bielefeld) : guías lineales

Brasil (Curitiba) : rodamientos de bolas y de rodillos cónicos

Rumanía (Sibiu) : rodamientos de bolas y de rodillos estándar

China (Zhuhai) : mantenimiento de rodamientos aeronáutica

USA (Atlanta) : mantenimiento de rodamientos aeronáutica



## ***SNR Group: Calidad***

### ***Certificaciones:***

- ***ISO 9001***
- ***QS -9000***
- ***EAQF 94***
- ***ISO/TS 16949***

### ***Certificación medioambiental***

- ***ISO 14001***

***Todas las filiales de la Red  
Comercial de SNR en el  
mundo están Certificadas  
ISO 9001***



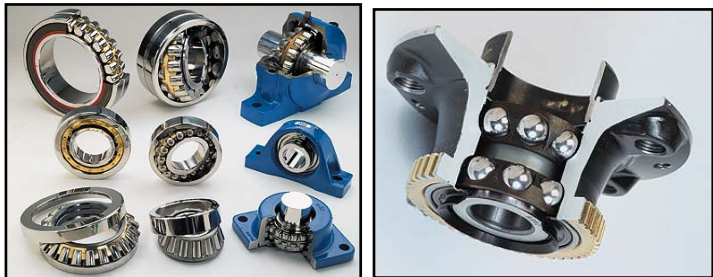
**SNR - Industry**







## ***SNR Group: Gama de productos***



- Una gama completa de rodamientos normalizados de bolas, rodillos y agujas



- Rodamientos especiales adaptados a las aplicaciones de nuestros clientes



- Política de producto basada en la innovación: rodamientos instrumentados



## ***SNR Group: Mercados***

### ***FERROVIARIO***



- SNR, **único proveedor homologado** para suministrar **todos los rodamientos** del TGV (AVE) desde el motor hasta la caja de ejes



### ***AEROESPACIAL***



- SNR ha contribuido al éxito en el lanzamiento del cohete **ARIANE 5**. Un **rodamiento SNR** equipa la turbo-bomba de hidrógeno del motor **Vulcain**

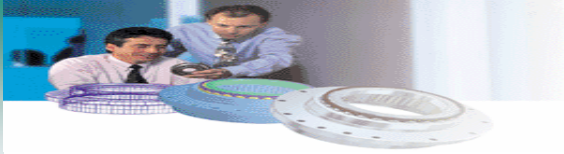


### ***AERONÁUTICA***

- SNR suministra **todos los rodamientos** de la línea principal del eje del turborreactor CFM56 fabricado por General Electric y SNECMA, el más utilizado por la aviación civil actualmente







## ***SNR Group: Automoción***



- 2º proveedor de la industria del automóvil europea
- 60% de la producción de SNR
- Mas del 20% del mercado europeo
- Nueva producción en América desde el año 2000.

### **Constructores:**

• *ALFA ROMEO • AUDI • BMW • CITROEN • FIAT*  
• *GENERAL MOTORS • MERCEDES BENZ • NISSAN • OPEL •*  
• *PEUGEOT • RENAULT • ROVER • SANTANA • VOLKSWAGEN •*  
• *VOLVO....*

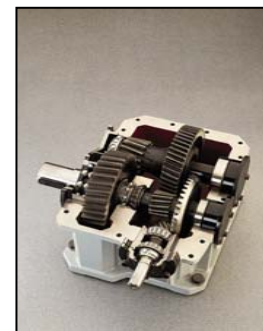
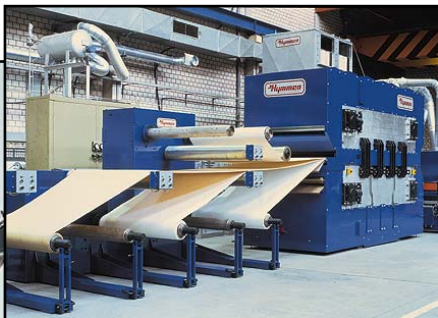
### **Fabricantes de equipamiento:**

• *ACI • AP • BENDIX • BOSCH • CASTELLON • DELPHI*  
• *FAURECIA • FTE • GKN • LUCAS • NACAN • VALEO • ZF ...*





## ***SNR Group: Industria***



**Alimentación: BESNIER, CARBONEL, LAUKI, DIEPAL, JOKER...**

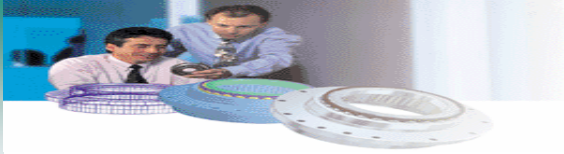
**Papeleras: CONDAT, SMURFIT CELLULOSE, INTERNATIONAL PAPER, TARTAS, S.A., S.A.P.B., GASCOGNE, CORENSO FRANCE**

**Químicas (celulosa...): AQUALON, AGFA-GEVAERT, BASF, MICHELIN, FIRESTONE, HOECHST, FUJI MAGNETICS, SOLVAY, DUPONT DE NEMOURS....**

**Siderurgia: ALUMINIUM PECHINEY, ASCOMETAL, MANNESMAN, THYSEN INDUSTRIE UMFORMTECHNIK, KRUPP HOESCH STAHL, TUBECAM...**

**Maquinaria eléctrica: ABB, SIEMENS, ....**

**Equip. mecánicos varios: BOSCH, SULZER, TECNOTRANS, DOMENECH, HARMONIC DRIVE, SCHINDLER, OTIS, MASSEY FERGUSON, JOHN DEERE, KUHN, ZF...**



## ***SNR Group: Industria***



**Minería:** ARBED, CHARBONNAGES DU MAROC, GSM EST, H.B.L., REDLAND, WINTERSHALL, BRETON, BREVINI, ....

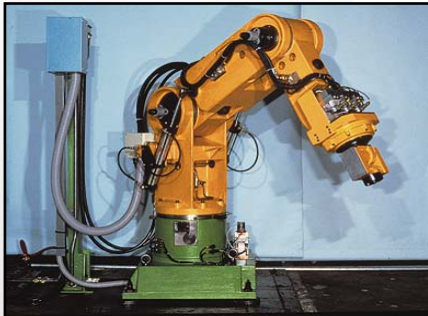
**Fab de cemento y fab de cerámica:** CEMENTS FRANCAIS, ETERNIT, HEIDELBERGER CEMENT, OSRAM, DIDIER BRIQUETERIE, ...

**Maquinaria para la piedra:** BENETTI MACCHINE, ATLAS COPCO, ....

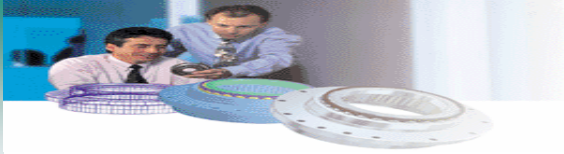
**Tratamiento de la Madera:** GLUNZ, MARTY, POLYREY COUZE..

**Fabricantes. de automatismos y robots:** ALSTHOM, AUTO ROTOR, OTTO HAFNER, RENAULT AUTOMATION, STAUBLI, UNIMATION...

**Maquinaria textil:** ASSELIN, STAUBLI, SULZER, PICANOL, ....

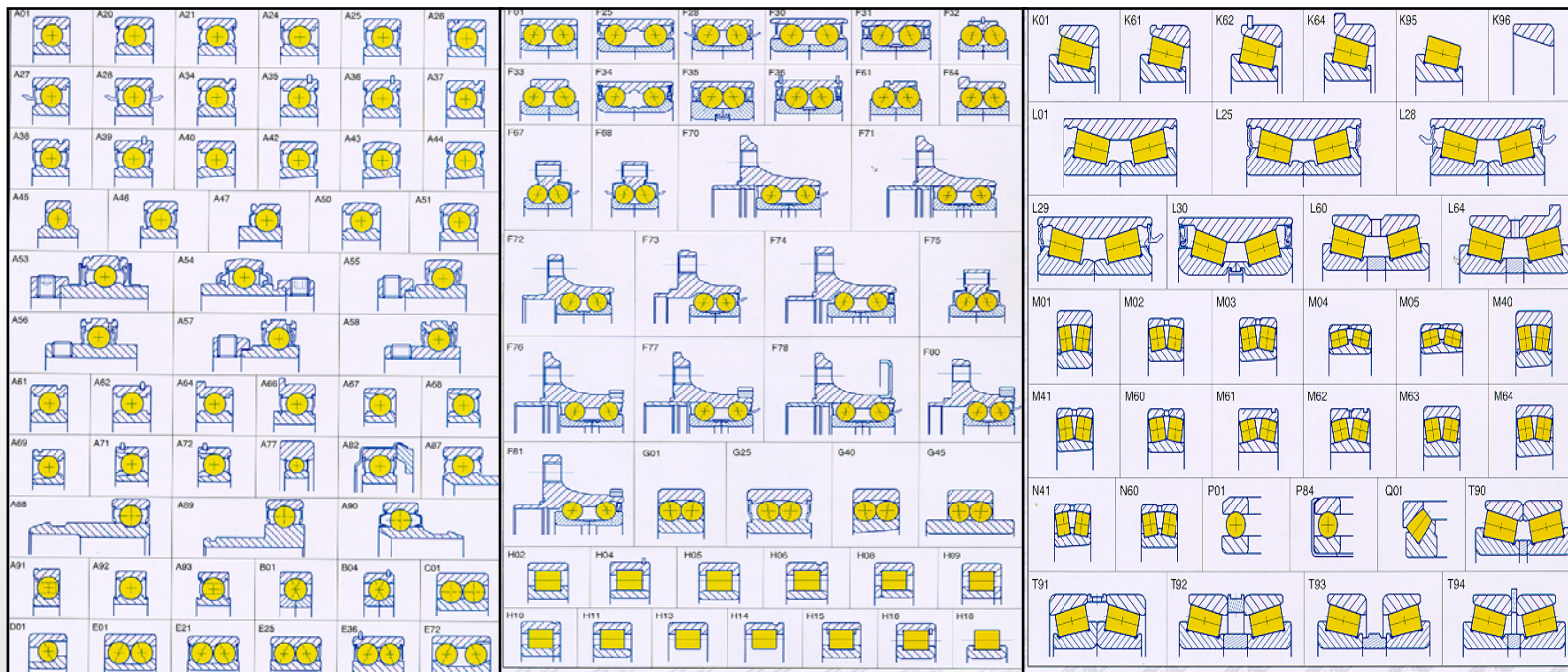






## ***SNR Group: Gama de productos***

### **Rodamientos de bolas y de rodillos**



SNR - Industry





- *Presentación SNR*
- *Selección de rodamientos en función de la aplicación*
  - ✓ *Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias*
  - ✓ *Jaulas*
  - ✓ *Estanquidades*
  - ✓ *Simbolización*
- *Duración de vida*
  - ✓ *Capacidad de carga dinámica y estática*
  - ✓ *Duración de vida nominal*
  - ✓ *Duración de vida corregida*
  - ✓ *Fiabilidad*
- *Montaje e instalación de rodamientos*
  - ✓ *Juego radial*
  - ✓ *Ajustes*
  - ✓ *Selección lubricante adecuado*
  - ✓ *Averías más frecuentes*
- *Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida*
- *Ejemplos*



## **Selección de rodamientos: *Introducción***

### *Recordatorio de la definición del rodamiento*

*El rodamiento es un órgano de base que asegura un enlace móvil entre dos elementos de un mecanismo, uno en rotación con respecto al otro.*

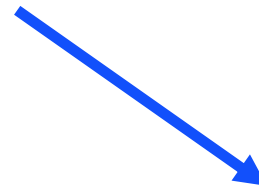
Su función es permitir la **rotación** relativa de estos elementos



con carga



con precisión



con un frotamiento  
mínimo





## Selección de rodamientos: *Introducción*

- dos **anillos**

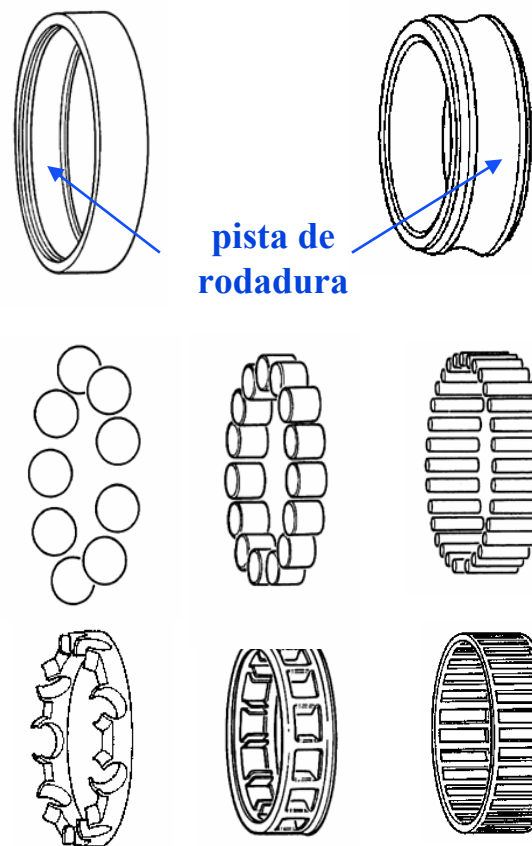
- anillo interior (A.I)
- anillo exterior (A.E)

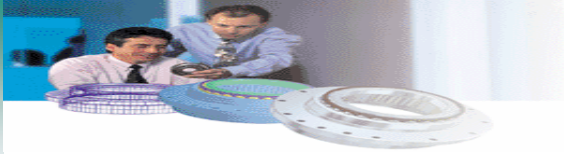
que incorporan pistas de rodadura (superficie en la que "ruedan" los cuerpos rodantes)

- **cuerpos rodantes** (bolas, rodillos, agujas)

que permiten el movimiento de los dos anillos con un **frotamiento mínimo**

- **una jaula** que separa y guía los cuerpos rodantes





## ***Selección de rodamientos: Introducción***

**diámetro exterior**

**anillo exterior**

**anillo interior**

**eje**

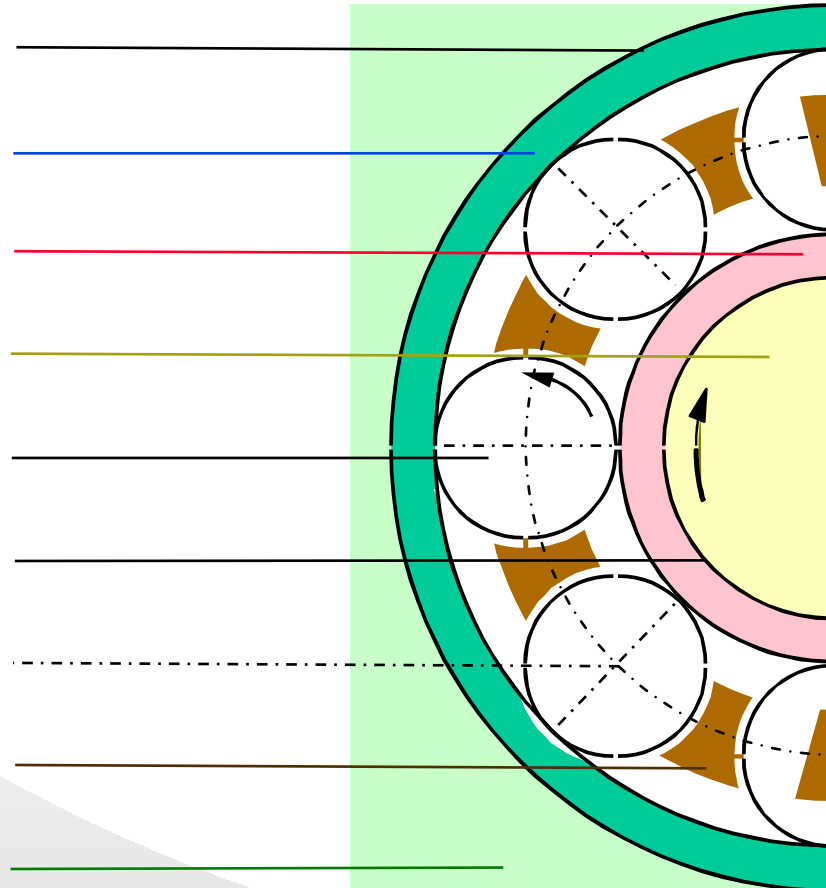
**cuerpos rodantes**

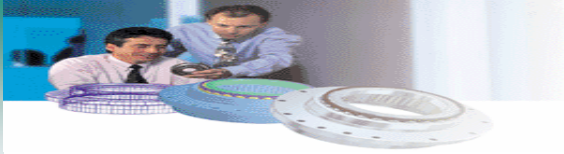
**diámetro interior**

**diámetro primitivo**

**jaula**

**alojamiento**

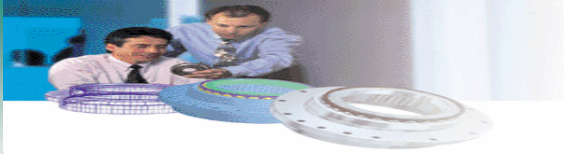




## ***Selección de rodamientos: Factores a considerar***

*Para un objetivo de duración definido:*

- 1.- Condiciones de carga: amplitud y dirección*
- 2.- Velocidad*
- 3.- Temperatura*
- 4.- Tipo de lubricación*
- 5.- Desalineamiento*



## ***Selección de rodamientos: Otros factores a considerar***

*Choques eventuales*

*Vibraciones*

*Tipo de rotación*

*Par de giro del rodamiento*

*Eventualidad de una carga estática*

*Nivel de polución ambiental*

*Procedimiento de montaje del rodamiento en el mecanismo*

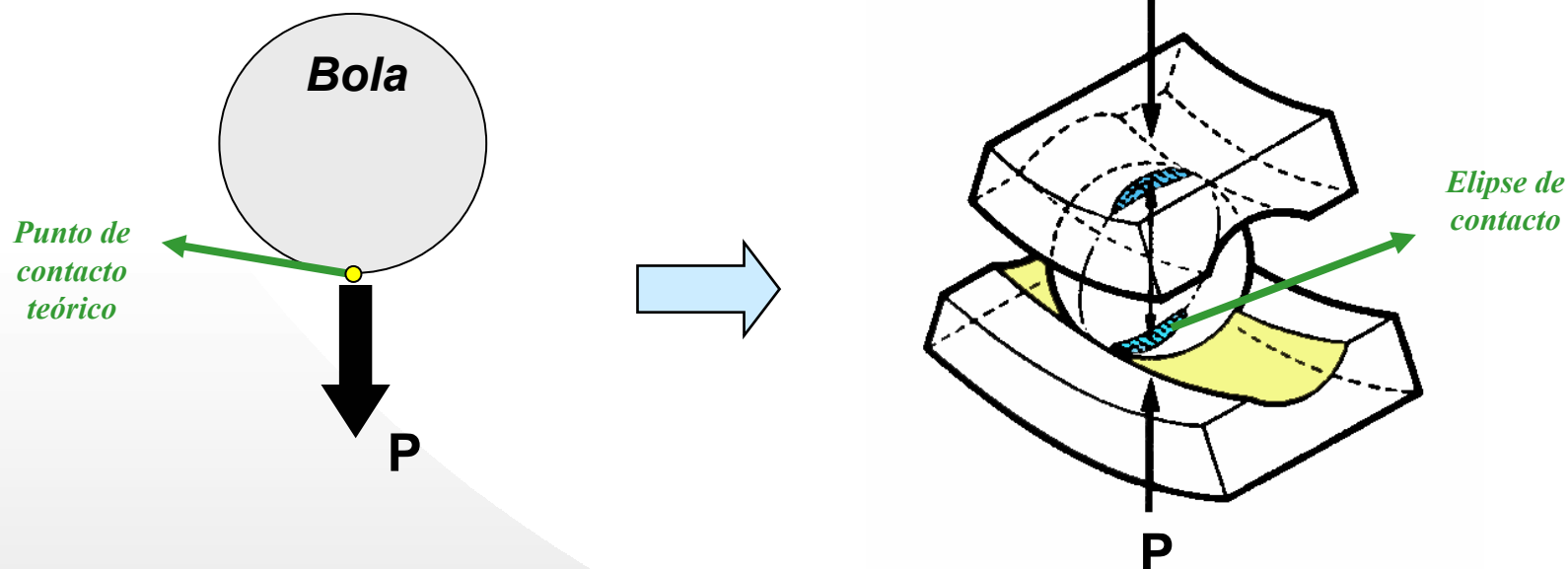
*Facilidad de mantenimiento*

*Precio del rodamiento*



## Selección: *Forma de la zona de contacto*

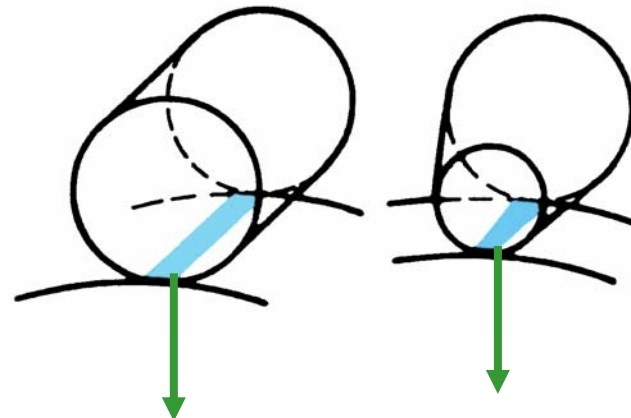
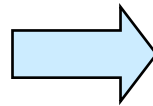
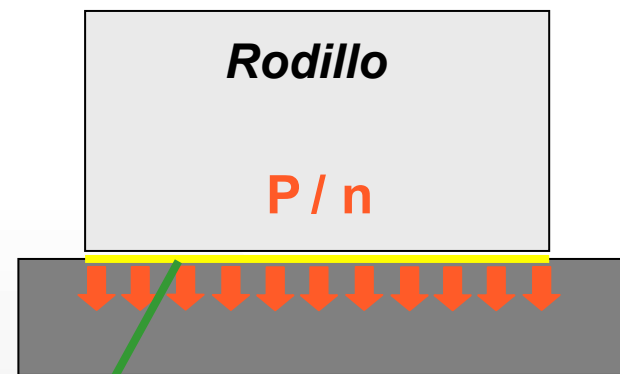
### *Rodamiento de bolas*





## **Selección: *Forma de la zona de contacto***

### *Rodamiento de rodillos*



*Línea de  
contacto  
teórica*

*Rectángulo  
de contacto*

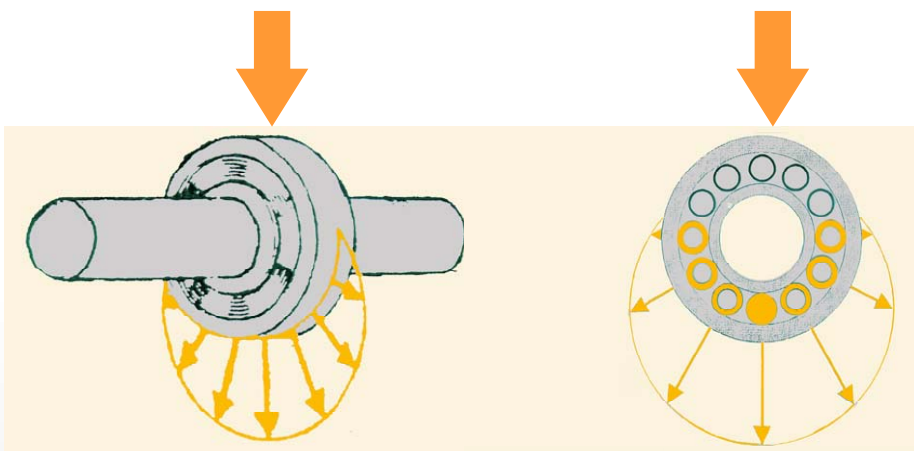
*Trapezio de  
contacto*





## Selección: Condiciones de carga

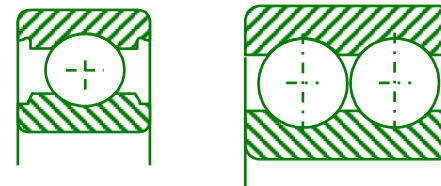
### CARGAS RADIALES



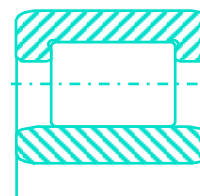
carga radial = carga perpendicular al eje

sector 180° como máximo

#### *Rodamientos más adaptados*



#### *Rodamientos de bolas de contacto radial*



#### *Rodamientos de rodillos cilíndricos*

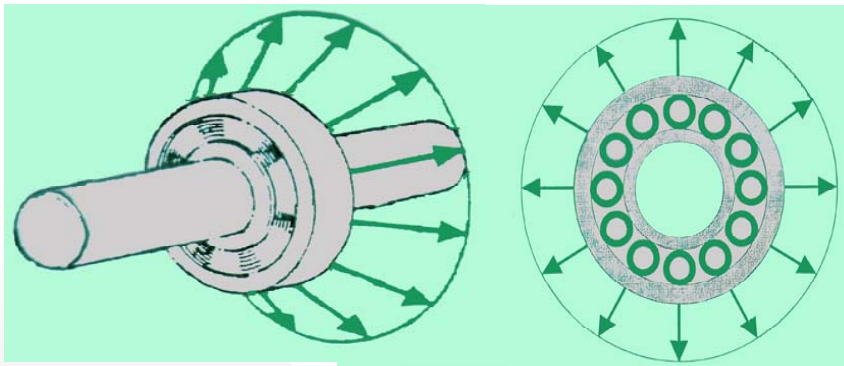


#### *Rodamientos de agujas*



## Selección: *Condiciones de carga*

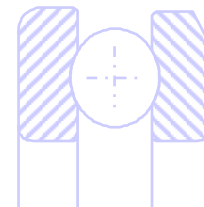
### CARGAS AXIALES



carga axial = carga paralela al eje

repartidas en 360°

#### *Rodamientos más adaptados*



#### *Rodamientos axiales de bolas*

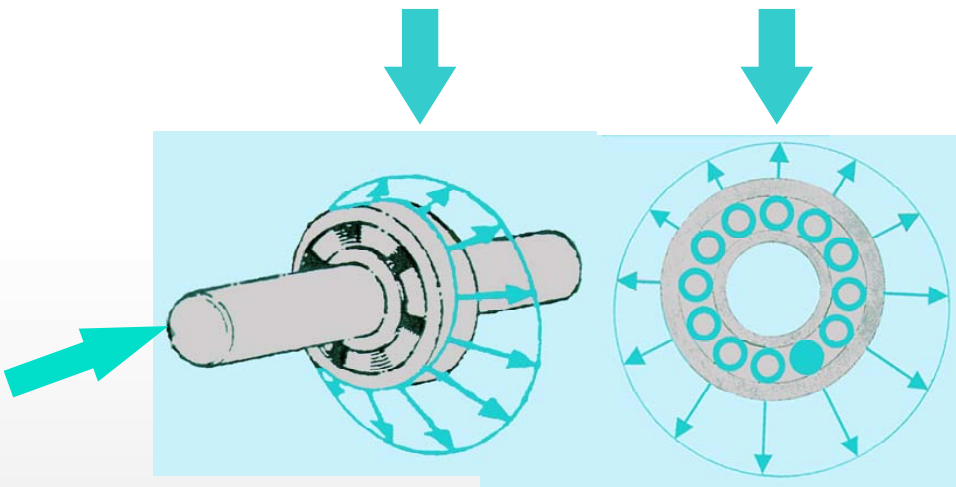


#### *Rodamientos axiales de rodillos*



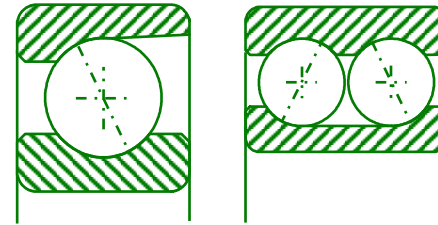
## Selección: *Condiciones de carga*

### CARGAS COMBINADAS



Reparto variable no uniforme

### *Rodamientos más adaptados*



### *Rodamientos de bolas de contacto angular*

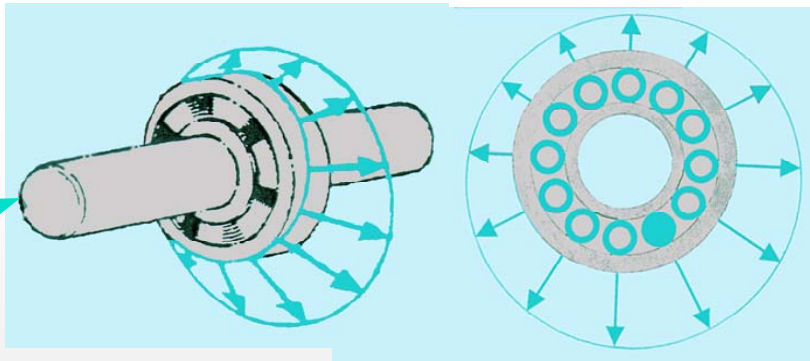


### *Rodamientos de rodillos cónicos*



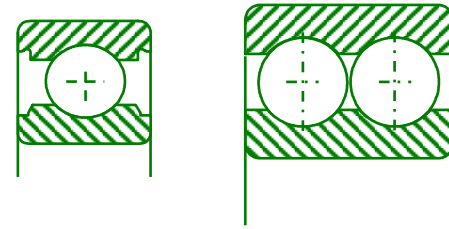
## Selección: *Condiciones de carga*

**CARGAS COMBINADAS**  
Axiales moderadas

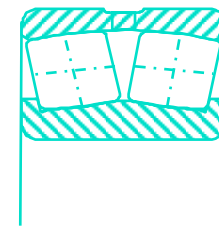


Reparto variable no uniforme

### *Rodamientos adaptados*



### *Rodamientos de bolas de contacto radial*



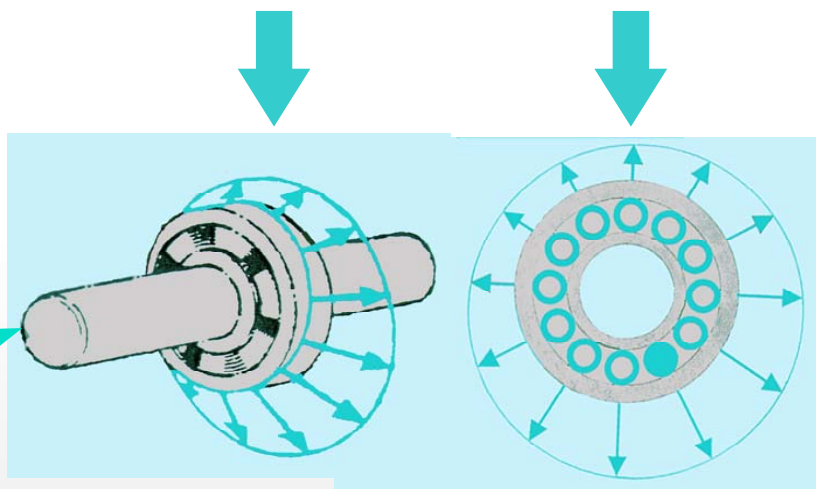
### *Rodamientos de rodillos esféricos*

SNR - Industry



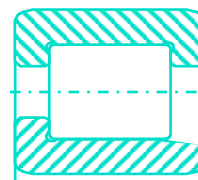
## Selección: *Condiciones de carga*

### CARGAS COMBINADAS Axiales débiles

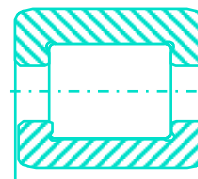


Reparto variable no uniforme

#### *Posibilidad de utilizar*



#### *Rodamientos de rodillos cilíndricos tipo NJ*



#### *Rodamientos de rodillos cilíndricos tipo NUP*



## **Selección: *Velocidad***

### *Velocidad límite*

*Velocidad máxima en condiciones normales de funcionamiento, para la cual el calentamiento interno del rodamiento se considera aceptable.*

### OBSERVACIÓN

La velocidad límite de un rodamiento no es un extremo que no se debe superar, sino que indica un orden, una señal de advertencia para el usuario del rodamiento.





## Selección: **Velocidad**

**N.Dm límite  
(grasa)**

500000

450000

400000

350000

300000

250000

200000

150000

Rodamientos de 1 hilera de bolas de contacto radial

Rodamientos de bolas a rótula

Rodamientos de rodillos cilíndricos

Rodamientos de 1 hilera de bola de contacto angular

Rodamientos de 2 hileras de bolas de contacto radial

Rodamientos de 2 hileras de bolas de contacto angular

Rodamientos de rodillos esféricos

Rodamientos de rodillos cónicos

Rodamientos axiales de bolas

**aumento N.Dm  
límite(aceite)**

+20%

+20%

+20%

+40%

+30%

+40%

+30%

+35%

+40%

N.Dm : factor de velocidad = velocidad de rotación (rpm) x diámetro medio del rodamiento (mm)

SNR - Industry





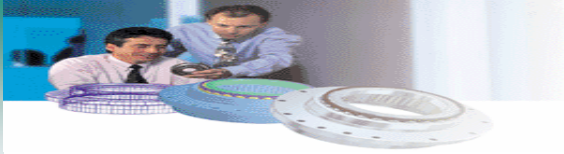
## **Selección: *Temperatura***

$T < -20\text{ °C}$	Baja Temperatura
$-20\text{ °C} < T < 120\text{ °C}$	Temperatura Normal
$120\text{ °C} < T < 150\text{ °C}$	Alta Temperatura
$T > 200\text{ °C}$	Muy alta temperatura

Fuera de la zona de temperatura normal :

- se alteran las propiedades del lubricante
- se deterioran las juntas
- se deterioran las jaulas de poliamida

Por esta razón hay que prever la aplicación de grasas, juntas, estanquidades especiales e incluso tratamientos térmicos específicos.



## **Selección: *Lubricación***

*La lubricación vendrá definida como consecuencia de los 3 factores anteriores:*

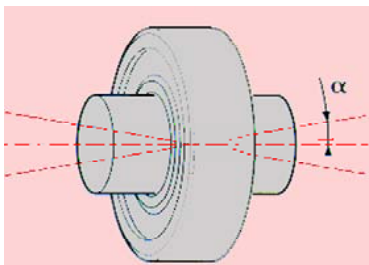
- *Cargas*
- *Velocidad*
- *Temperatura*

*Con influencia de la polución ambiental*

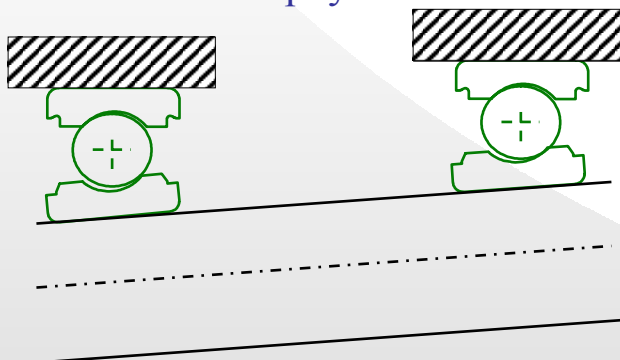


## Selección: *Desalineamiento*

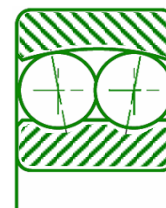
Defecto de alineamiento entre el eje y el alojamiento



Defecto de alineamiento entre los apoyos

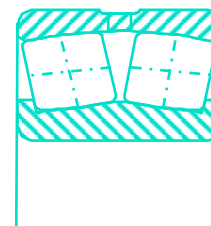


### *Rodamientos adaptados*



de 2° a 3°

### *Rodamientos de bolas a rótula*


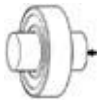

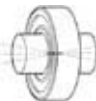












0,5°

### *Rodamientos de rodillos esféricos*



## Aptitudes

Capacidad de carga		Velocidad límite	Defecto alineam. admisible
Carga radial	Carga axial		
			

Tipos		ligera	media	buena	ligera	media	buena	ligera	media	buena	0-10'	1/2° - 3°
Rod. bolas de contacto radial		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rod. de doble hilera de bolas radial		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rod. bolas contacto angular		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rod. de doble hilera de bolas angular		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rod. de bolas a rótula		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rod. rodillos cilíndricos		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rod. de rodillos cónicos		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rodamiento de rodillos a rótula		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rodamiento axial de bolas		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Rodamiento axial de rodillos a rotula		<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>



## ***Selección de rodamientos: Otros Factores***

- Choques eventuales
- Vibraciones
- Tipo de rotación
- Par de rozamiento interno del rodamiento
- Nivel de polución ambiental

Definen tipo de jaula, grasa, tipo de estanquidad, forma de lubricación,.....

- Eventualidad de una carga estática
- Procedimiento de montaje del rodamiento en el mecanismo
- Facilidad de mantenimiento
- Precio del rodamiento





## **Jaulas: Funciones**

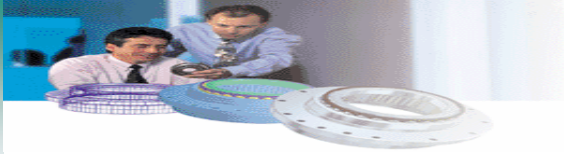
### *Función principal:*

- *Separar los cuerpos rodantes para mantener su equidistancia, además de reducir el rozamiento y el calentamiento interno al mínimo*

### *Funciones complementarias:*

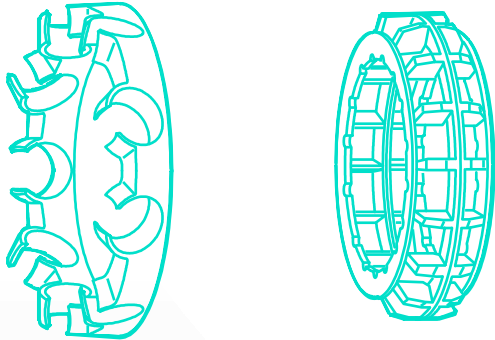
- *Guiar los cuerpos rodantes*
- *Solidarizar los cuerpos rodantes con uno de los anillos en el caso de rodamientos cónicos, cilíndricos o esféricos.*



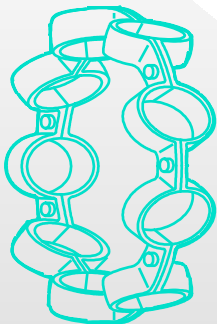


## ***Jaulas: Tipos***

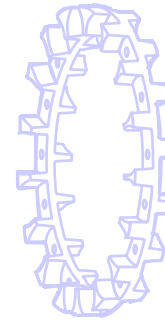
***Jaula moldeada (poliamida)***



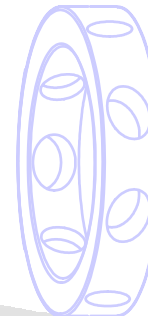
***Jaula embutida (chapa de acero o latón)***



***Jaula mecanizada de  
bronce***



***Jaula mecanizada de  
resina fenólica***





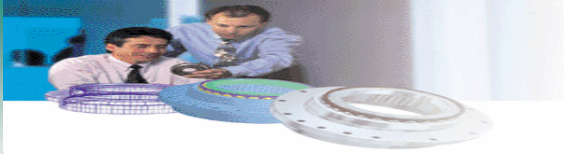
## ***Estanquidades: Función***

*Asegurar que las partes activas del rodamiento (cuerpos rodantes, pistas de rodadura y jaula) permanezcan limpias y bien lubricadas impidiendo que la contaminación penetre en el rodamiento y reteniendo la grasa.*



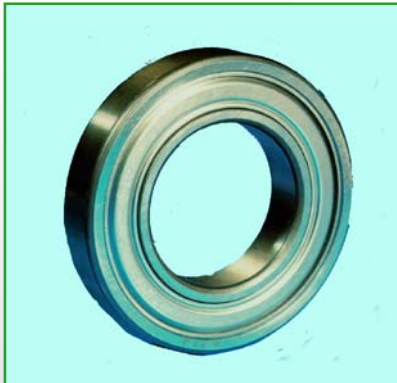
### **Observación:**

- comúnmente utilizadas en los rodamientos de una o dos hilera de bolas
- los rodamientos SNR protegidos o estancos se suministran engrasados a vida

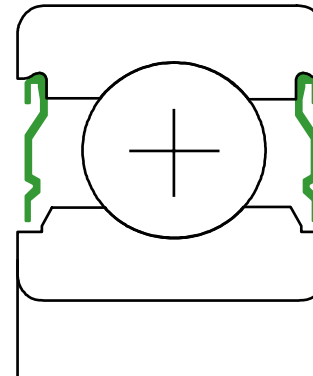


## ***Estanquidades: Tipos***

<b>Deflector:</b>	<b>protección sin frotamiento</b> en las superficies
<b>Material:</b>	chapa de acero
<b>Sufijo de base:</b>	<b>Z</b> (ZZ para la doble protección)
<b>Características:</b>	no limita: <ul style="list-style-type: none"><li>-la velocidad máxima de rotación del rodamiento</li><li>-la temperatura de funcionamiento del rodamiento</li></ul> es una protección, no es una estanquidad



**deflector en un rodamiento  
de bolas de contacto radial**



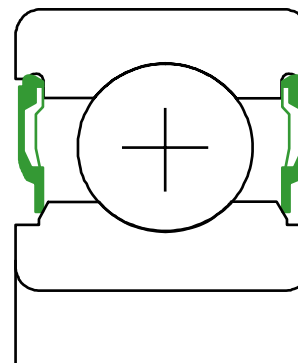


## ***Estanquidades: Tipos***

<b>Junta:</b>	<b>estanquidad / frotamiento</b> en las superficies
<b>Material:</b>	nitrilo o elastómero fluorado (viton)
<b>Sufijo de base:</b>	<b>E</b> (EE doble estanquidad, <b>E3</b> alta temperatura (junta viton))
<b>Alta T<sup>a</sup></b>	si superior a 110°C (ver los rodamientos FT150 y HT200 )
<b>Características</b>	junta viton, buena resistencia a los agentes químicos y a la temperatura



**junta y junta alta temperatura  
en rodamientos de bolas de  
contacto radial**

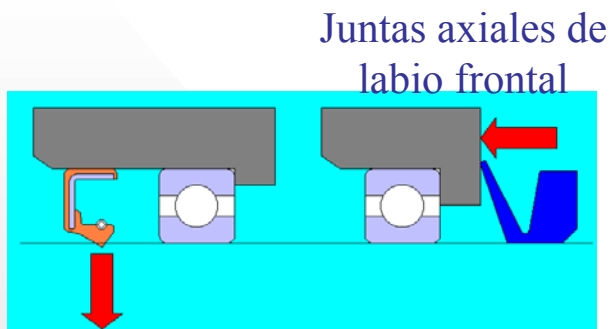




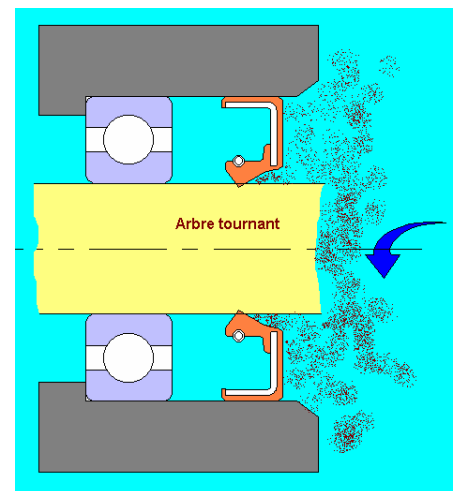
## ***Estanquidades: Función***



*En algunas ocasiones si el grado de polución externa es muy elevado se deberán prever elementos de protección externos para impedir la entrada de partículas extrañas al interior del rodamiento*



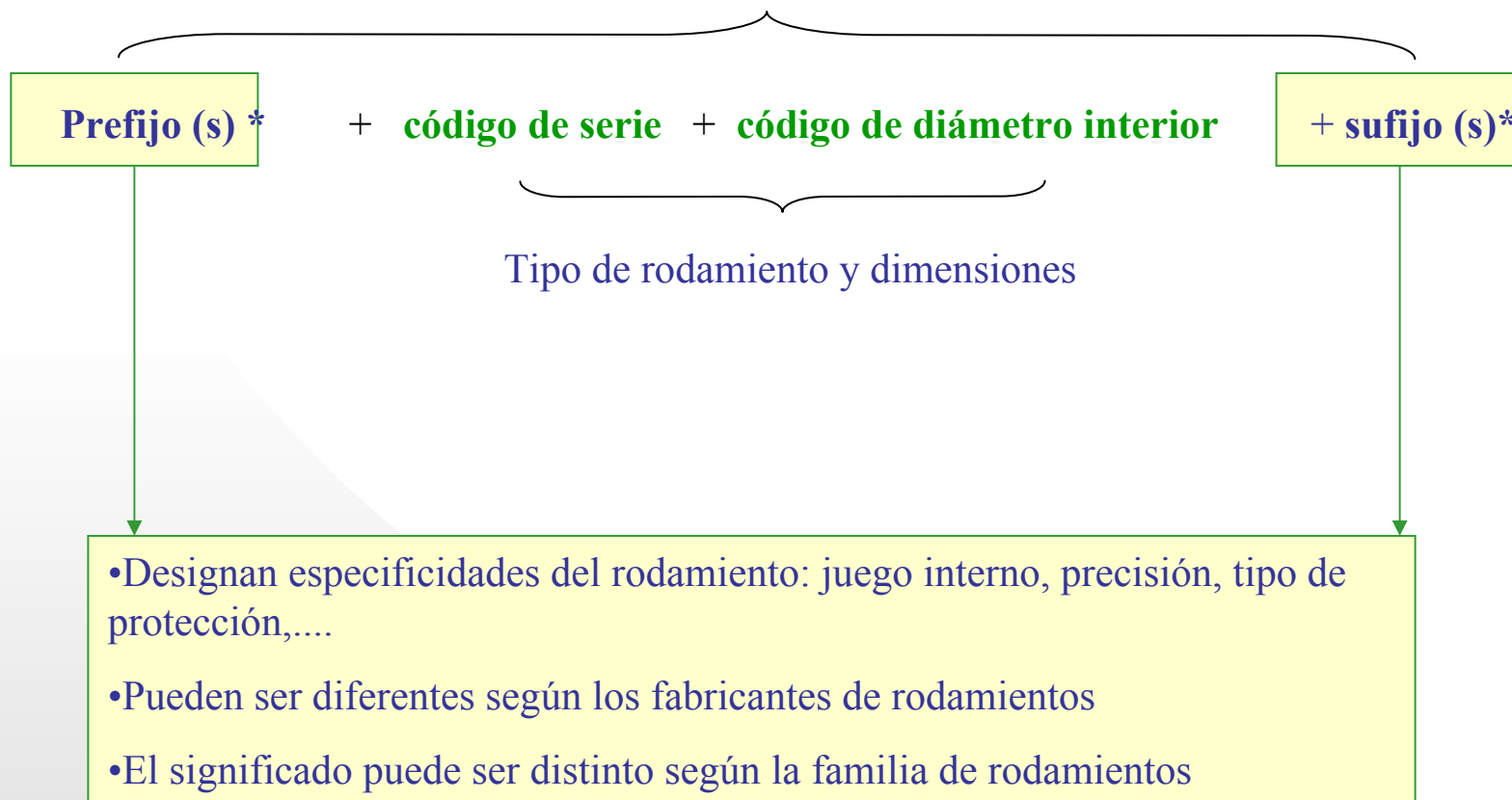
Juntas radiales con resorte





## ***Simbolización:***

### ***Símbolo completo***



\* no siempre está presente, facultativo

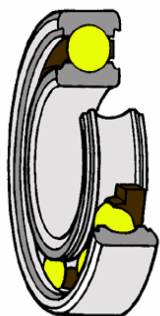




## Simbolización:

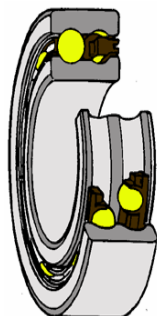
La primera cifra del código de serie da el tipo de rodamiento

radial de una hilera



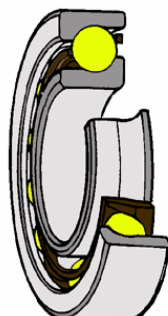
6 ...

radial de doble hilera



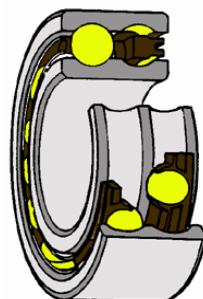
4 ...

angular de una hilera



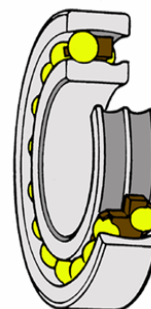
7 ...

angular de doble hilera



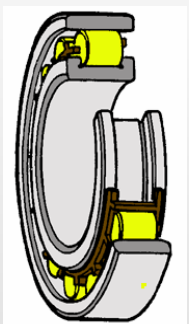
3 ... ó 5 ...

bolas a rótula



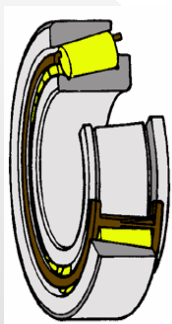
1 ... ó 2 ...

cilíndrico



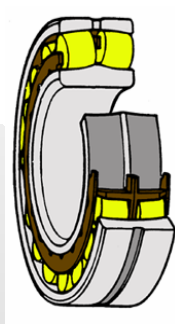
N ...

cónico



3 ...

rodillos a rótula

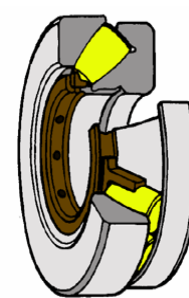


2 ...

rodamientos axiales de bolas y de rodillos



5 ... ó 29...

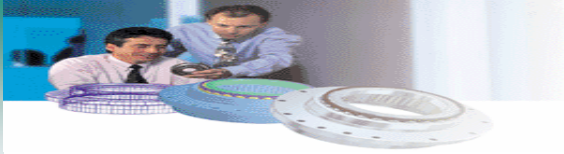


SNR - Industry



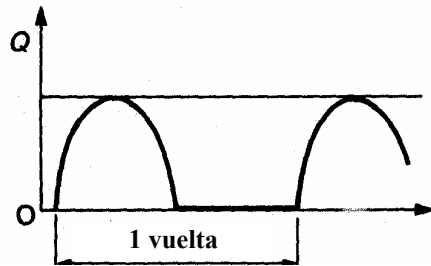


- *Presentación SNR, Torrington y Nadella*
- *Selección de rodamientos en función de la aplicación*
  - ✓ *Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias*
  - ✓ *Jaulas*
  - ✓ *Estanquidades*
  - ✓ *Simbolización*
- *Duración de vida*
  - ✓ *Capacidad de carga dinámica y estática*
  - ✓ *Duración de vida nominal*
  - ✓ *Duración de vida corregida*
  - ✓ *Fiabilidad*
- *Montaje e instalación de rodamientos*
  - ✓ *Juego radial*
  - ✓ *Ajustes*
  - ✓ *Selección lubricante adecuado*
  - ✓ *Averías más frecuentes*
- *Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida*
- *Ejemplos*



## ***Muerte natural de un rodamiento***

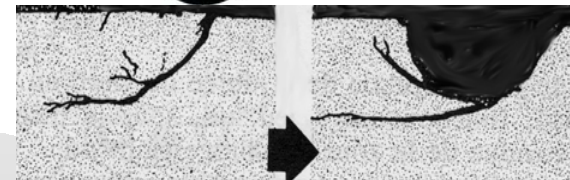
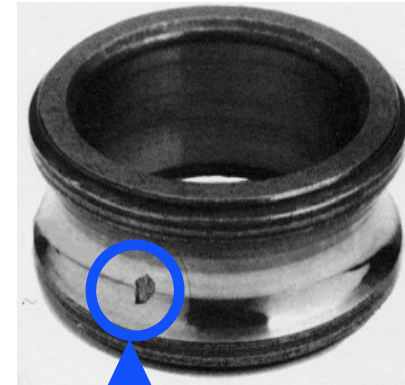
El conjunto de las presiones cíclicas provoca a más o menos largo plazo un deterioro del metal por fatiga que se inicia, en general, en un punto del interior del material pero próximo a la superficie (lugar donde los esfuerzos de cortadura son máximos) bajo la forma de una fisura que se propaga hacia la superficie.



Variación cíclica de la carga  $Q$  en un punto del anillo que gira

Estas fisuras por fatiga tienen su origen especialmente en las inclusiones que puede tener el material y originan lo que se conoce como exfoliación

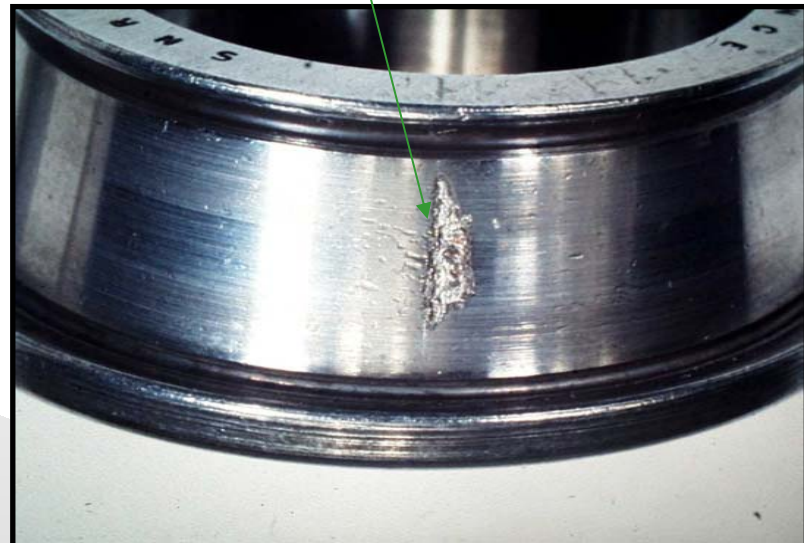
La duración de vida del rodamiento se define como:  
**número de revoluciones llevadas a cabo por el rodamiento hasta que aparecen los primeros signos de exfoliación.**

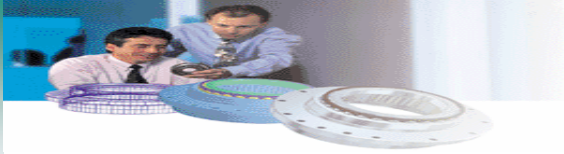




## *Muerte natural de un rodamiento*

Exfoliación por fatiga





## *Duración de vida nominal (norma ISO 281)*



**Duración de vida nominal (  $L_{10}$  ) : es la duración de vida alcanzada por el 90% de los rodamientos iguales y utilizados en las mismas condiciones**

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^n \frac{10^6}{60 \cdot N} \text{ horas} \quad \left\{ \begin{array}{l} n=3 \text{ para rodamientos de bolas.} \\ n=10/3 \text{ para rodamientos de rodillos.} \end{array} \right.$$

- C: carga dinámica de base (Norma ISO281)
- P: carga radial dinámica equivalente (Norma ISO281)
- N: velocidad de rotación en r.p.m.



## *Carga radial dinámica de base (norma ISO 281)*

### *•Rodamientos de bolas*

$$C_r = b_m f_c (i \cdot \cos \alpha)^{0,7} \cdot Z^{2/3} \cdot D_w^{1,8}$$

### *•Rodamientos de rodillos*

$$C_r = b_m f_c (i \cdot L_{WE} \cdot \cos \alpha)^{7/9} \cdot Z^{3/4} \cdot D_{WE}^{29/27}$$

### *•Axiales de bolas*

$$C_r = b_m f_c \cdot Z^{2/3} \cdot D_w^{1,8}$$

*Donde:*

- $D_w$  = diámetro medio de los cuerpos rodantes (bolas)(mm)*
- $D_{WE}$  = diámetro medio de los cuerpos rodantes (rodillos) (mm)*
- $L_{WE}$  = longitud efectiva de la generatriz de los rodillos )(mm)*
- $\alpha$  = ángulo de contacto nominal*
- $Z$  = número de cuerpos rodantes por hilera*
- $i$  = número de hileras de cuerpos rodantes.*
- $f_c$  = coeficiente corrector función del diámetro de los cuerpos rodantes y del diámetro primitivo del rodamiento*
- $b_m$  = coeficiente corrector función de la evolución en la calidad de los rodamientos (1,3 para rodamientos de bolas ; 1,1 para rodamientos de rodillos )*





## Carga radial dinámica equivalente

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

*Condiciones de trabajo del rodamiento:*

*$F_r$ : carga radial real sobre el rodamiento*

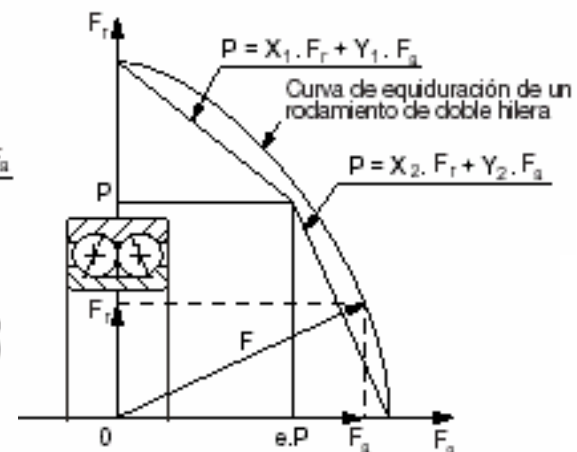
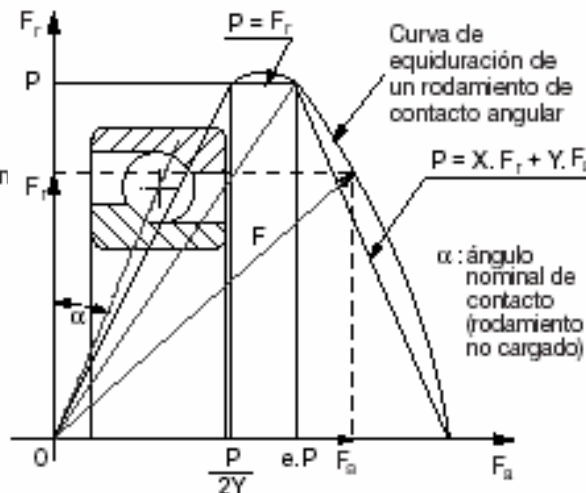
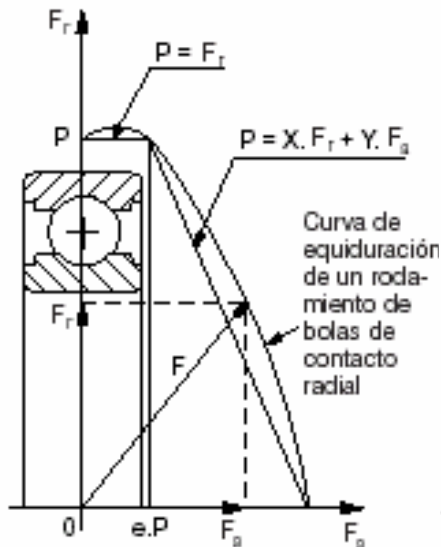
*$F_a$ : carga axial real sobre el rodamiento*

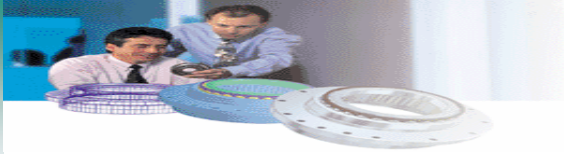
*Según el tipo de rodamiento:*

*(consultar catálogo SNR)*

*$X$ : factor de carga radial*

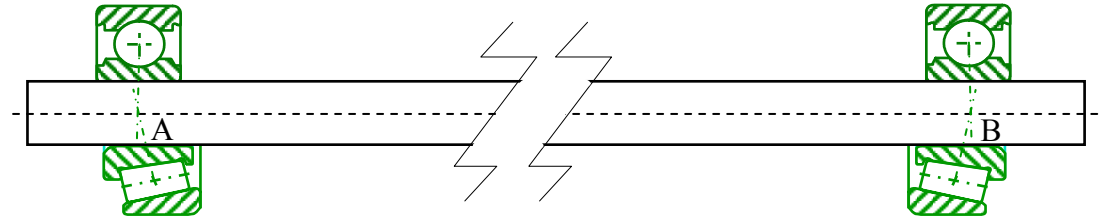
*$Y$ : factor de carga axial*





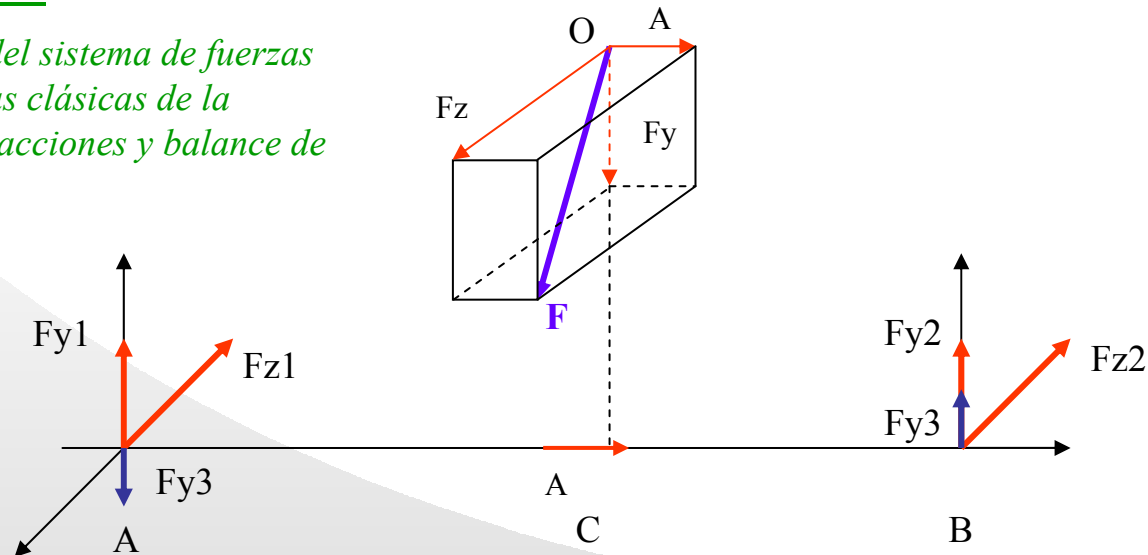
## Determinación de las cargas sobre los rodamientos(1)

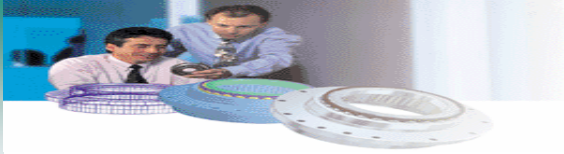
### Equilibrio radial y axial del eje:



### Rodamientos de contacto radial

La repercusión sobre el montaje del sistema de fuerzas externo se calcula por las formulas clásicas de la dinámica (balance de fuerzas y reacciones y balance de momentos)





## Carga estática de base (norma ISO 76)

*Valor de la carga radial que crea en el punto de contacto más cargado, una presión de contacto (presión de Hertz) igual a:*

- *4200 Mpa para rodamientos de bolas (excepto de bolas a rótula)*
- *4600 Mpa para rodamientos de bolas a rótula*
- *4000 Mpa para rodamientos de rodillos*

*En condiciones normales de trabajo:*

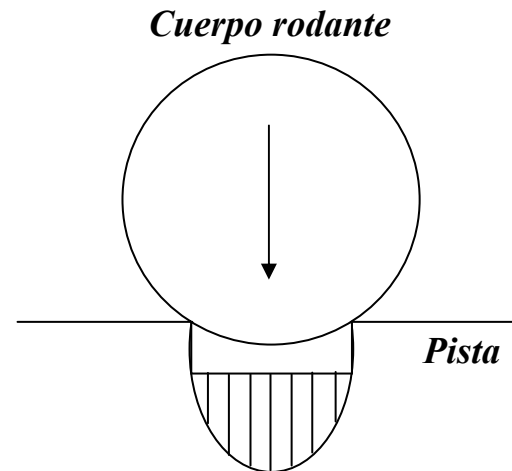
$$\frac{P_o}{C_o} < 2$$

*Donde:*

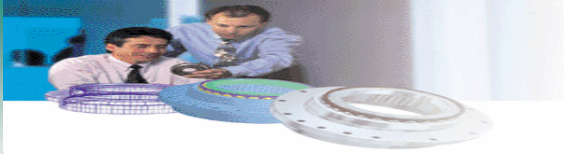
$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a$$

• *Xo e Yo se encuentran en los catálogos*

• *Fr y Fa son las fuerzas estáticas a las que está sometido el rodamiento*



*Diagrama de presión estática*



## ***Duración de vida corregida (norma ISO 281)***

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

**$a_1$**  = coeficiente corrector para una **fiabilidad diferente del 90%**.

**$a_2$**  = coeficiente corrector en función del **material utilizado, de la geometría interna y del proceso de fabricación del rodamiento**.

**$a_3$**  = coeficiente corrector según las **condiciones de funcionamiento**.

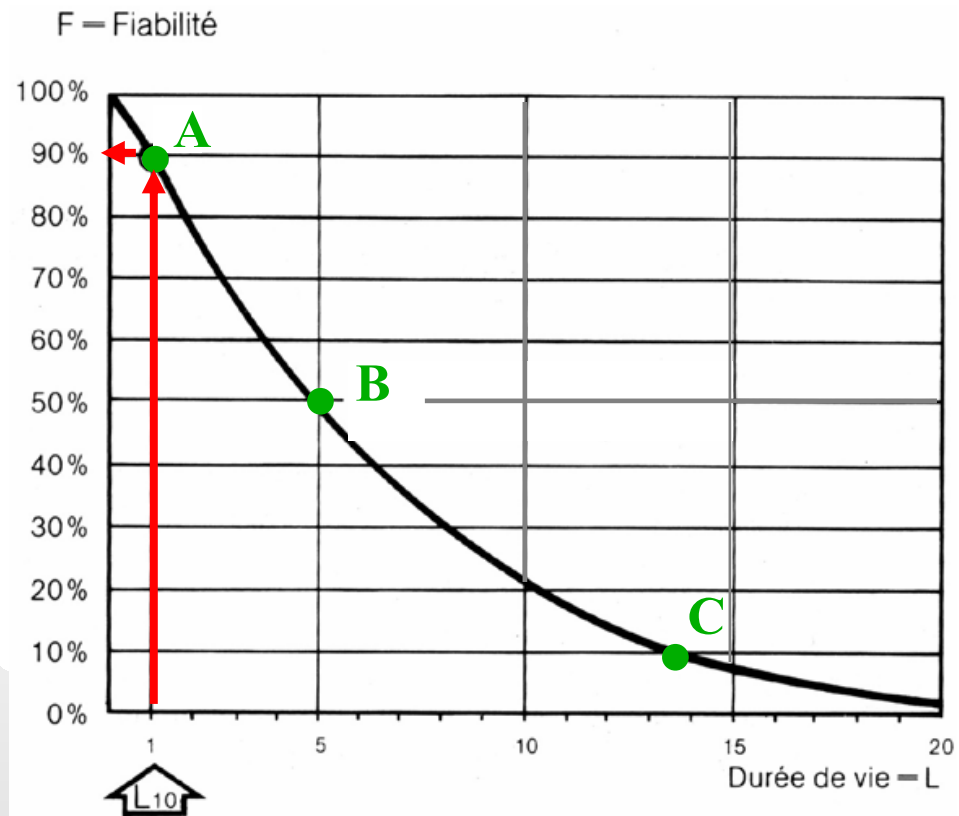


## *Duración de vida nominal .Coeficiente a1*

La curva muestra claramente la gran dispersión de la duración de vida de los rodamientos.

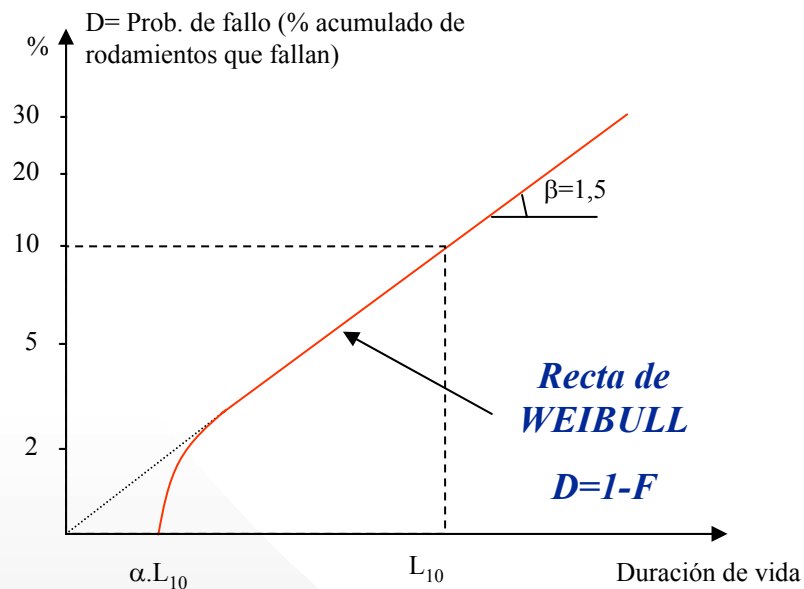
De ahí la importancia de no extraer conclusiones definitivas sobre estos datos antes de la realización de ensayos

**La L10 es un dato estadístico**





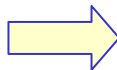
## Coef. a1: Fiabilidad para una duración de vida determinada



*Conociendo la  $L_{10}$  de un equipo se puede definir la fiabilidad en un periodo determinado, por ejemplo en el periodo de garantía  $L$*

$$F = \exp \left( \ln 0,9 \left( \frac{L}{L_{10}} \right)^\beta \right)$$

*Para valores de 2,5% de  $L_{10}$  la fiabilidad es del 100%  
 $\alpha = 0,025$*

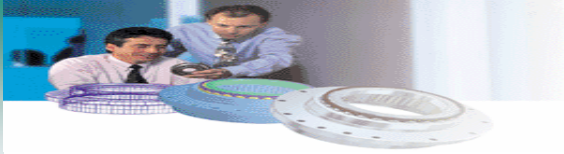


$$F = \exp \left( \ln 0,9 \left( \left( \frac{L}{L_{10}} \right) - \alpha \right)^\beta (1 - \alpha)^{-\beta} \right)$$

Ejemplo: Rodamiento de una bomba cuya  $L_{10}=20000$  h.

No hay ningún riesgo de fallo en las primeras 500 horas de funcionamiento, y a lo largo de un año, 24h/24h (8000 h), el riesgo de fallo es del 2,5 % que se reduce a 0,5 % si se trabaja 8h /dia.



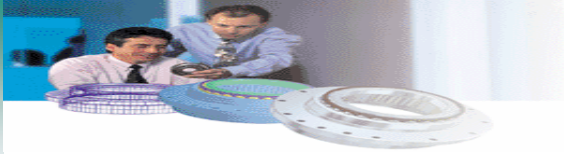


## *Influencia de las condiciones de funcionamiento*

### *Condiciones “normales” de funcionamiento:*

- ✓ *Cargas adecuadas*
- ✓ *Buena precisión de ejecución de ejes y alojamientos*
- ✓ *Juego de funcionamiento adecuado*
- ✓ *Temperatura de funcionamiento comprendida entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $+110^{\circ}\text{C}$*
- ✓ *Velocidad suficiente pero inferior a la velocidad límite*
- ✓ *Sin polución*
- ✓ *Con una buena lubricación*

*Condiciones de trabajo diferentes influyen en la duración de vida  
alcanzada por el rodamiento*



*Centro de ensayos: **Duración de vida experimental***



SNR - Industry





## ***Duración de vida***

*Existen dos formas de calcular la duración de vida:*

- *aproximada*: *método C/P para aplicaciones simples*
- *Completa*, *basada en la teoría de la cinemática y la mecánica, utilizando análisis numérico simulando el comportamiento real de los materiales.*

Para ello se usan bien **programas estándar de cálculo por elementos finitos**, como **IDEAS o ABACUS**, o bien programas específicos creados por SNR como por ejemplo **ICARE** (utilizado para modelizar el comportamiento de un eje y sus dos apoyos).

Estos programas tienen en cuenta todos los parámetros del montaje, tales como: geometría interna de los rodamientos, condiciones de montaje (ajustes), características del eje y del alojamiento (material, elasticidad...), especificaciones del lubricante, cargas, velocidades,...y **calculan el comportamiento y duración de cada uno de los cuerpos rodantes de cada uno de los rodamientos**, ponderando el conjunto de valores resultante de dicho cálculo para obtener un resultado final para cada rodamiento y el global del montaje, que se verá afectado a su vez, en su caso, de los coeficientes correctores **a1, a2 y a3** correspondientes.

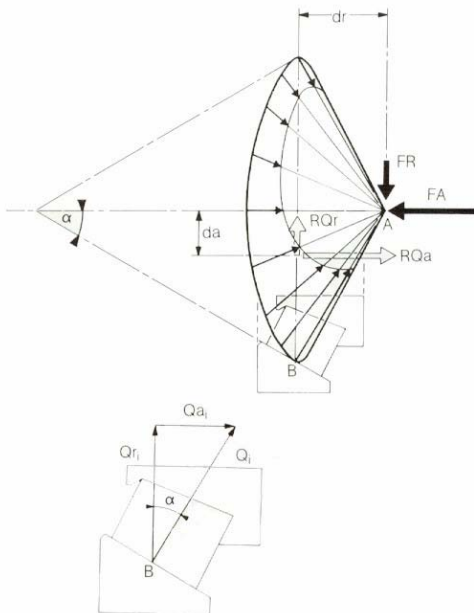
SNR utiliza este método en todas aquellas aplicaciones importantes en que sus clientes lo solicitan.



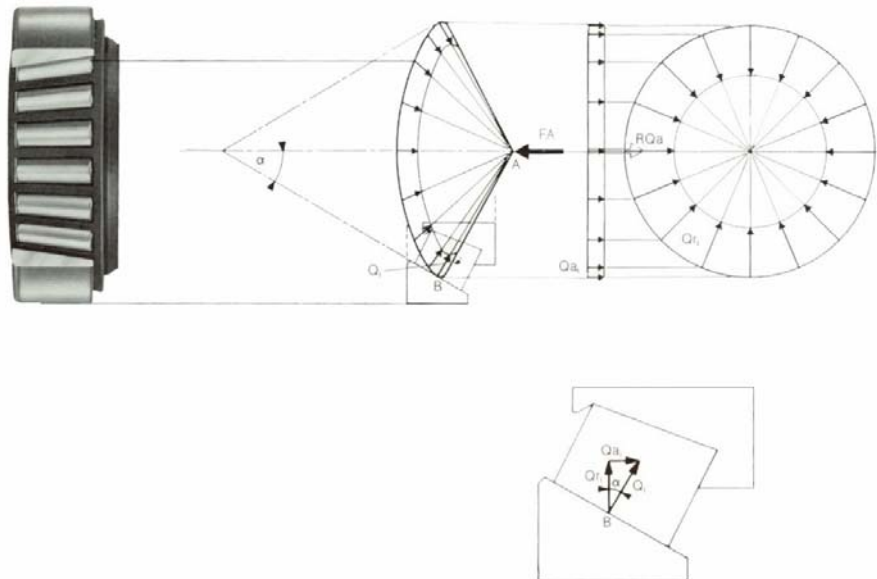
## ***Duración de vida: Método completo***

### **Distribución de esfuerzos sobre los cuerpos rodantes en un rodamiento cónico**

#### **Cargas combinadas**

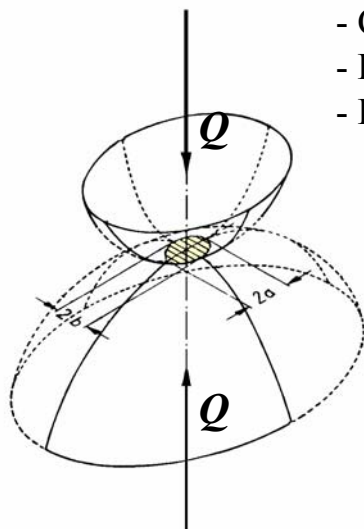


#### **Carga axial pura**





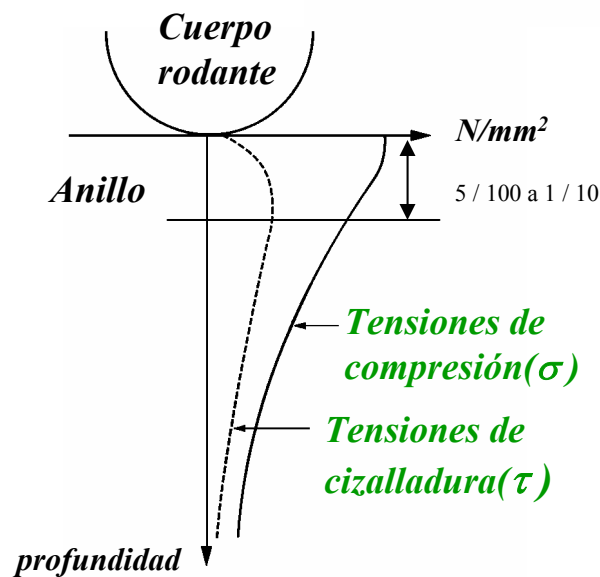
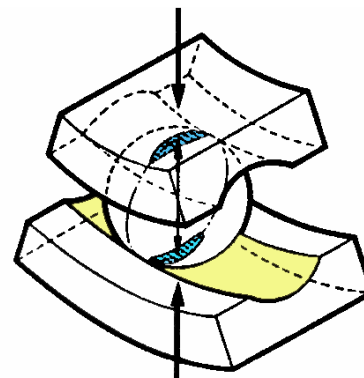
## Presión de contacto: Teoría de Hertz



- Contacto bola/pista= elipse:  $a, b$
- Presión de contacto:  $Q$
- Esfuerzos internos:  $\sigma$

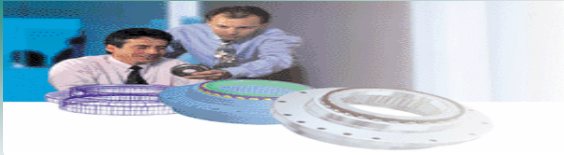
$$\sigma = (3Q / \pi a.b). [1 - (x/a)^2 - (y/b)^2]^{1/2}$$

$$\sigma_{max} = 1,5. Q / \pi a.b \text{ (en el centro)}$$



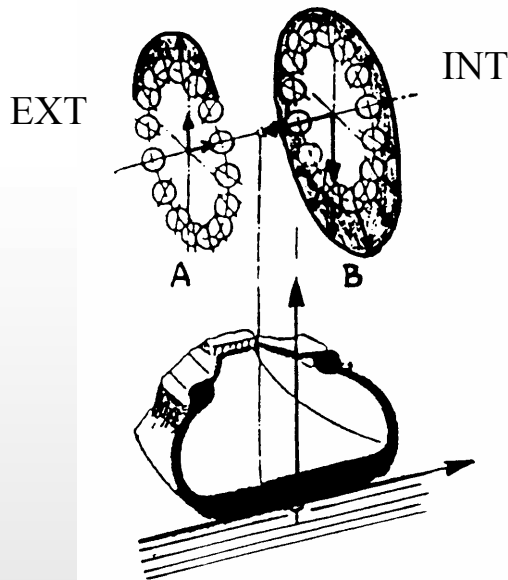
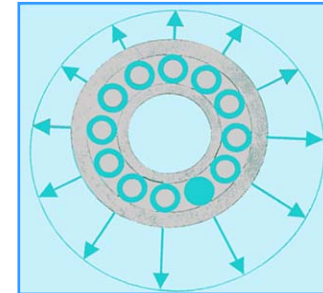
$$\sigma_{max} \approx 3500 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} \approx 1000 \text{ N/mm}^2$$

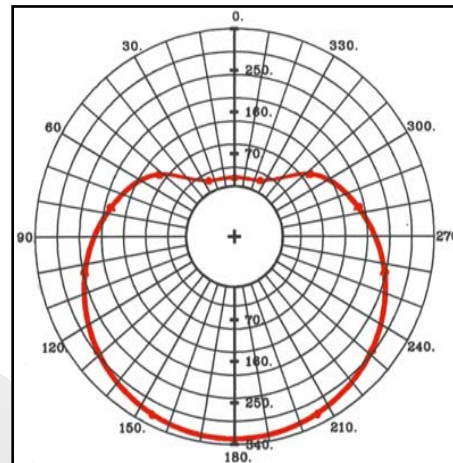


## ***Presión de contacto:***

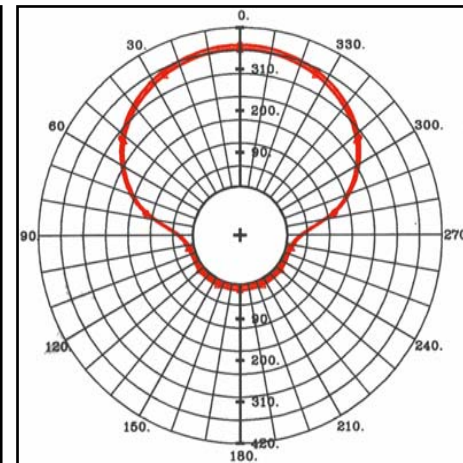
**Rodamiento de doble hilera de cuerpos rodantes**



*Hilera interior*



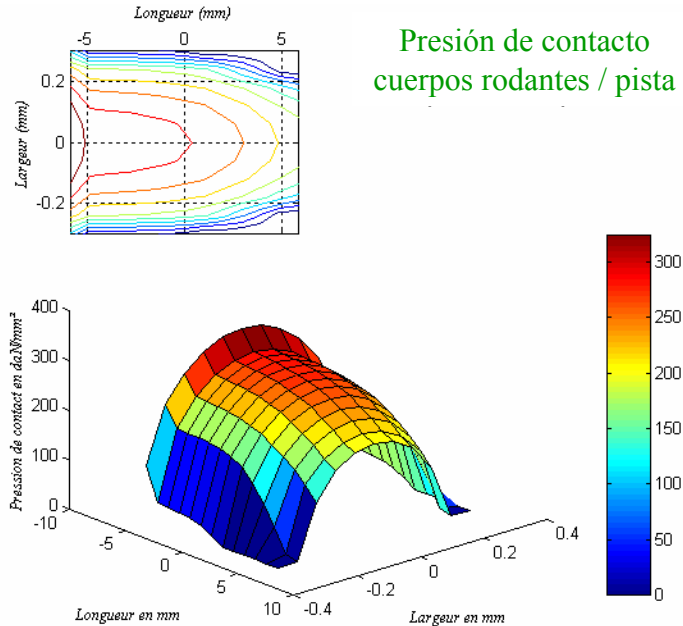
*Hilera exterior*





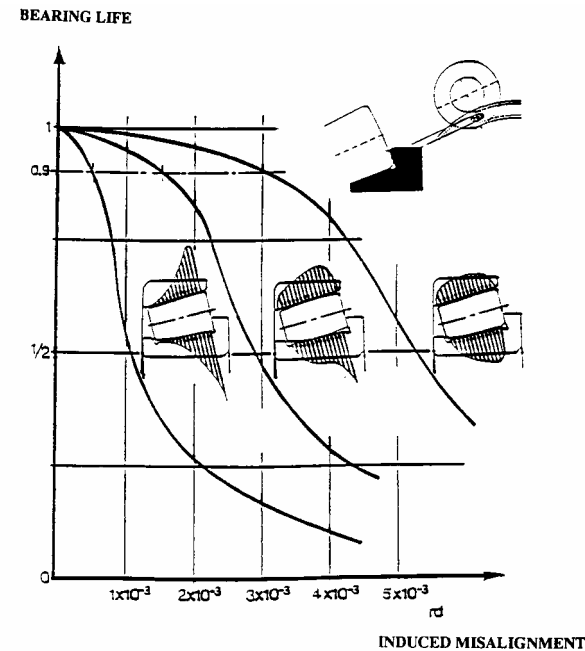


## Presión de contacto:



*Ejemplo de cálculo de los esfuerzos para un rodamiento de rodillos cónicos*

*Se ponen de manifiesto sobrecargas  
(efecto borde)*



*Definición de las correcciones del perfil*



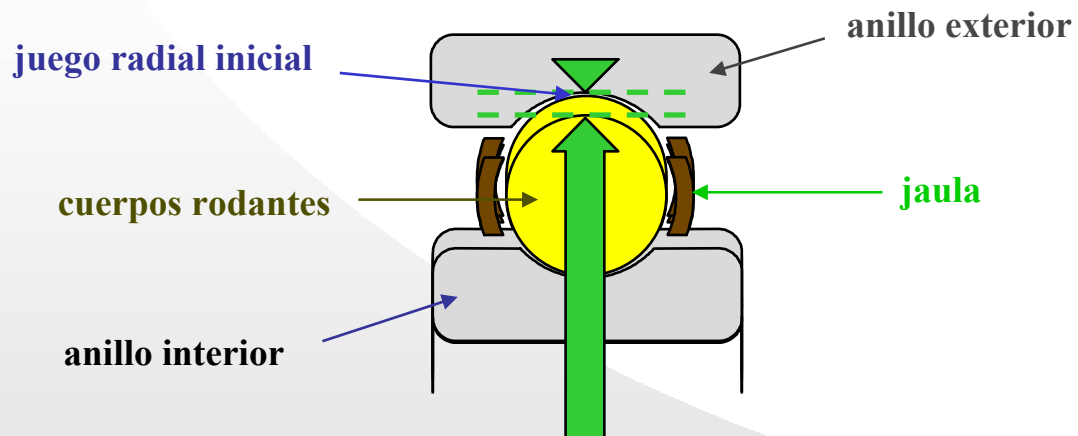
- *Presentación SNR, Torrington y Nadella*
- *Selección de rodamientos en función de la aplicación*
  - ✓ *Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias*
  - ✓ *Jaulas*
  - ✓ *Estanquidades*
  - ✓ *Simbolización*
- *Duración de vida*
  - ✓ *Capacidad de carga dinámica y estática*
  - ✓ *Duración de vida nominal*
  - ✓ *Duración de vida corregida*
  - ✓ *Fiabilidad*
- *Montaje e instalación de rodamientos*
  - ✓ *Juego radial*
  - ✓ *Ajustes*
  - ✓ *Selección lubricante adecuado*
  - ✓ *Averías más frecuentes*
- *Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida*
- *Ejemplos*



## Montaje: Juego radial interno

### Definición

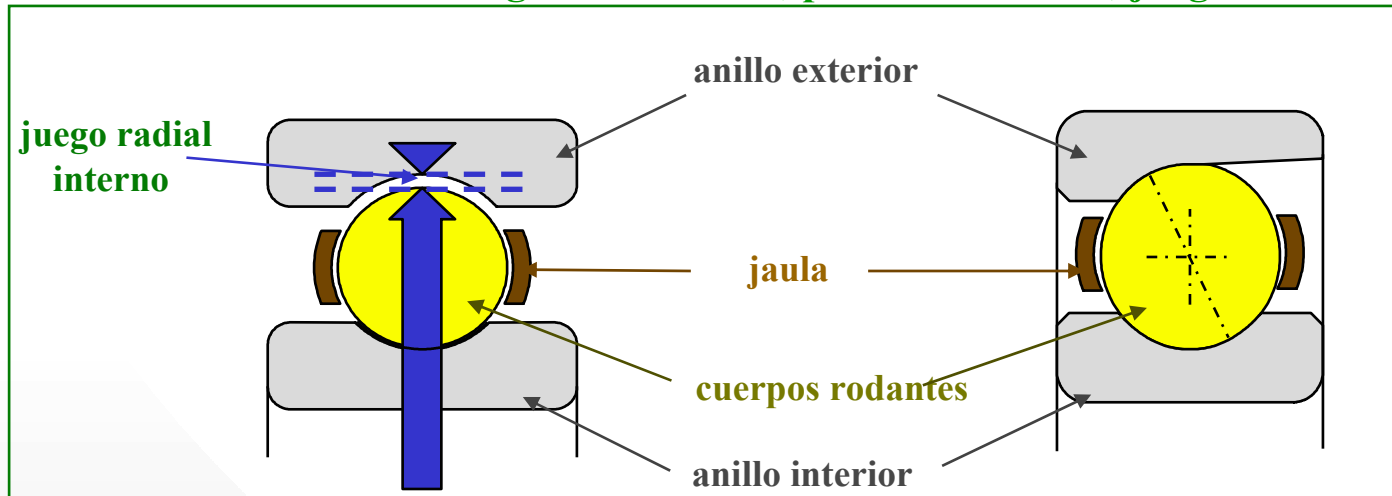
Es el valor del **desplazamiento radial** máximo de un **anillo respecto al otro**, desplazamiento medido sin carga ( *la unidad de medida es la micra* )



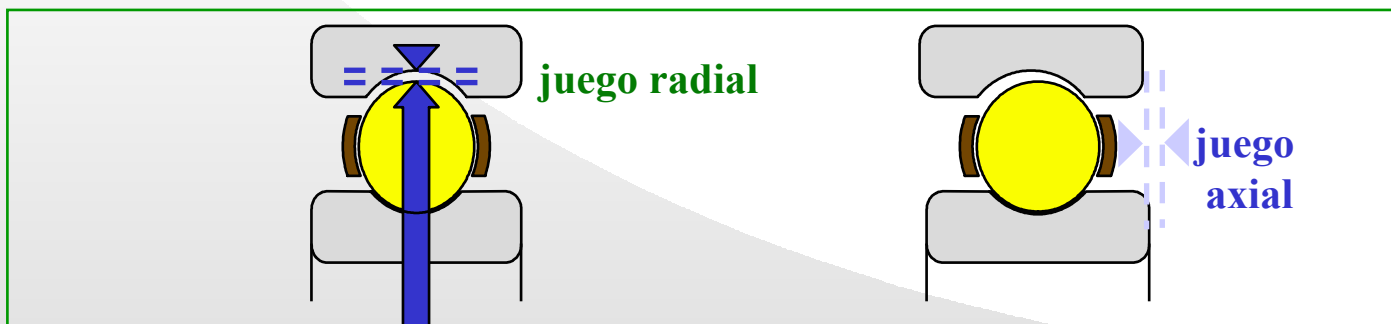


## *Montaje: Juegos, rodamiento de contacto angular*

1) Los rodamientos de contacto angular no tienen, por construcción, juego radial interno



2) No confundir el juego radial y el juego axial

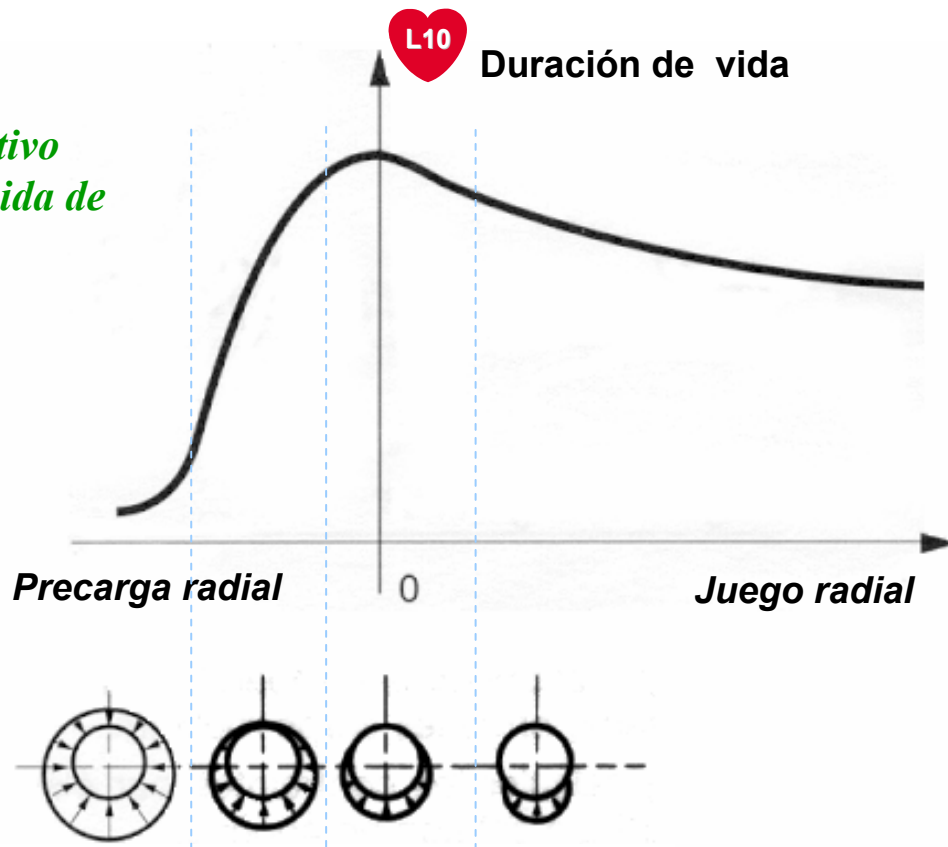
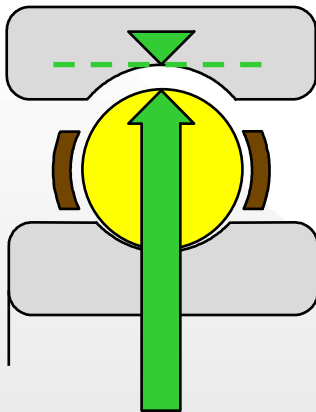




## Montaje: Influencia del juego en la duración de vida

### *Juego de funcionamiento*

*Un exceso de juego positivo o negativo (precarga), reduce la duración de vida de un rodamiento.*

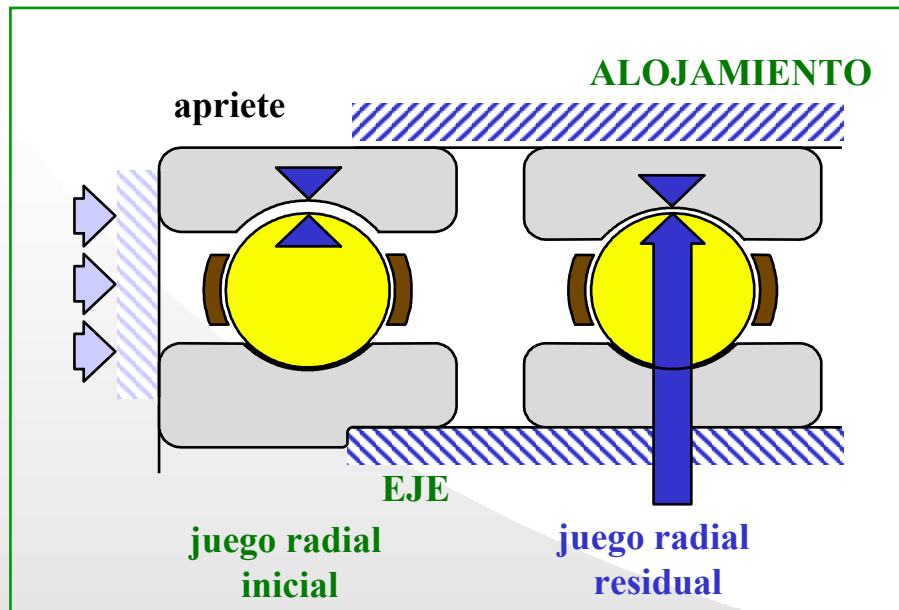


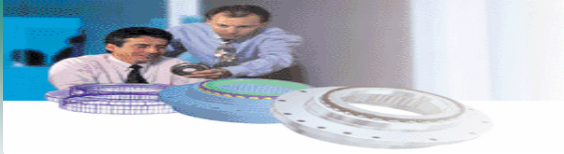


## ***Montaje: Juego radial residual***

El **montaje** del rodamiento modifica, debido a los aprietes provocados por los ajustes en el eje y/o en el alojamiento, el juego radial interno inicial, y deja como resultado un juego radial interno más pequeño que se denomina :

**JUEGO RADIAL RESIDUAL.**





## ***Montaje: Juego radial residual después del montaje***

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\begin{aligned} J_{rm} &= J_0 - \Delta J (Aj.) \\ J_{rm} &= J_0 - t_i \times S_i - t_e \times S_e \end{aligned}$$

$J_0$  = juego radial interno inicial

$\Delta J (Aj.)$  = reducción de juego debida a los ajustes en el montaje

$t_i$  = tasa de repercusión del eje sobre el anillo interior

$S_i$  = apriete del anillo interior

$t_e$  = tasa de repercusión del alojamiento sobre el anillo exterior

$S_e$  = apriete del anillo exterior

$t_i$  = % de la interferencia entre la cota del eje y la cota del diámetro interior del rodamiento que es absorbido por el rodamiento a costa de su juego interno inicial.

$t_e$  = % de la interferencia entre la cota del alojamiento y la del diámetro exterior del rodamiento que es absorbido por el rodamiento a costa de su juego interno inicial.





## Montaje: Juego radial de funcionamiento

Cuando un montaje entra en funcionamiento, el juego interno del rodamiento (**juego radial residual**) se puede **reducir** nuevamente debido a las dilataciones diferenciales provocadas por la temperatura.

Reducción debida a la temperatura  $\Delta J (\text{Temp.}) = C \cdot (D - d) \cdot \Delta T$

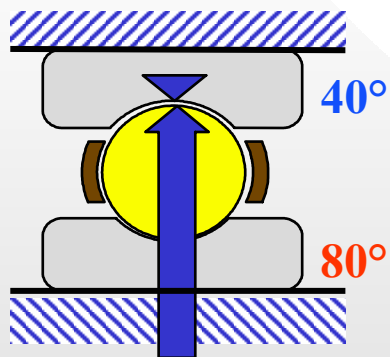
$C$ : coef. dilatación del acero 100Cr6 =  $1,2 \times 10^{-6} \text{ mm / mm / } ^\circ\text{C}$

$D$ : diámetro exterior del rodamiento

$d$ : diámetro interior del rodamiento

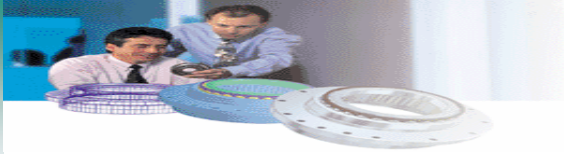
$\Delta T$ : diferencia de temperatura

El juego resultante es el **juego radial de funcionamiento**, que debe ser positivo para asegurar **la rotación libre** de este sistema mecánico en movimiento.



**Juego radial  
de funcionamiento**

Se debe **prever** un juego radial **residual** suficiente para compensar las diferencias de dilatación entre el eje y el alojamiento y conseguir de esta forma **tener un juego de funcionamiento que no sea nulo !**



## Montaje : Juego radial de funcionamiento

**Caso general:** → *Como norma general el rodamiento debe funcionar con un juego radial no nulo.*

*Se debe prever un rodamiento con un juego radial interno inicial suficiente para que después del montaje y en funcionamiento el juego sea positivo y no nulo.*

*$J_{rf} = J_o$  - reducción juego por ajustes - reducción juego por temperatura*

$$J_{rf} = J_o - \Delta J (Aj.) - \Delta J (Temp.)$$

*$J_{rf}$ : Juego radial de funcionamiento*

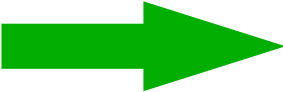
*$J_o$ : juego inicial*



## Montaje: juego radial interno

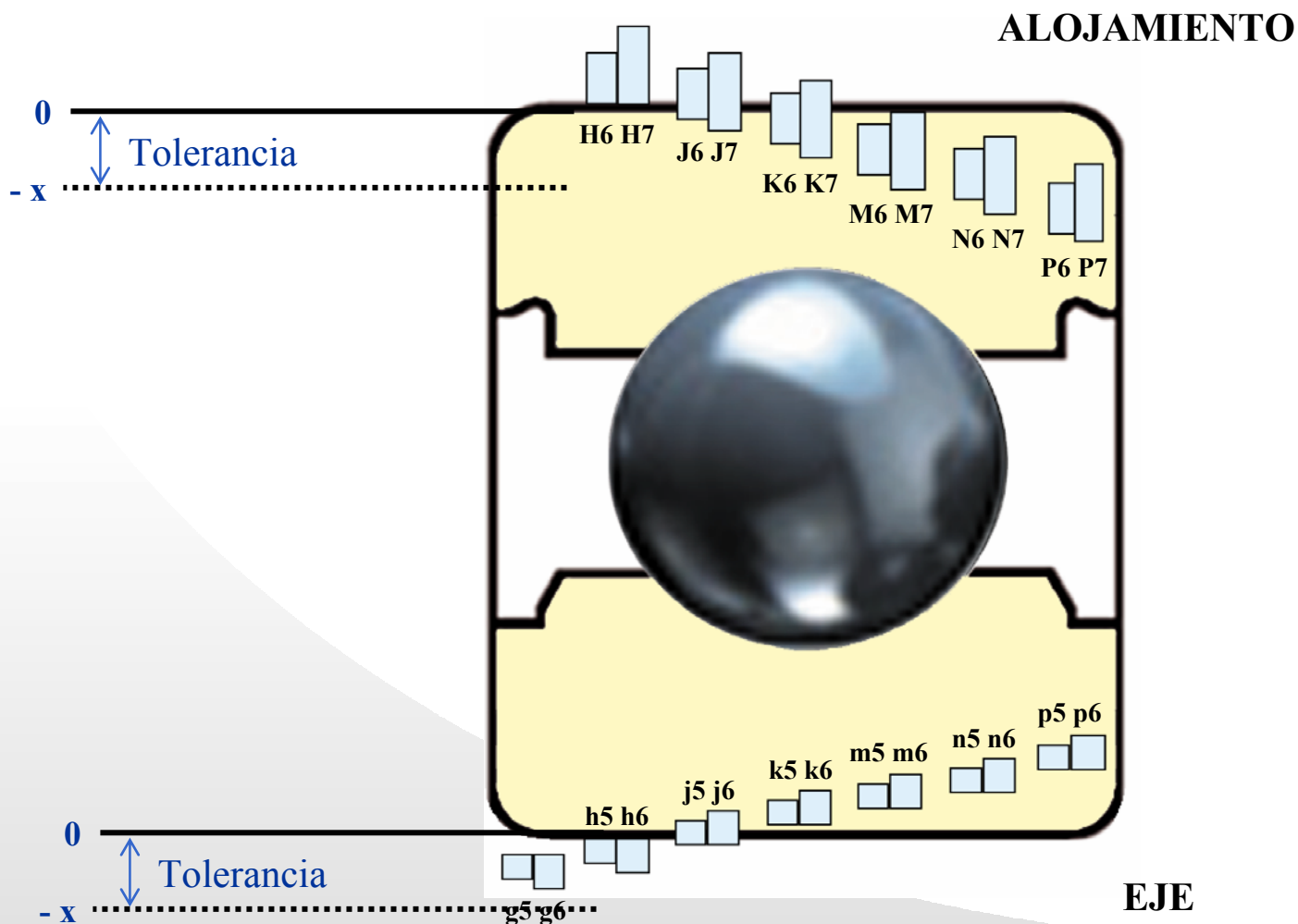
*El juego radial interno de un rodamiento estándar está definido por la Norma ISO, según el tipo de rodamiento y sus dimensiones (diámetro interior)*

**Ejemplo : Juego radial de un rod. 6206: se obtiene del catálogo en función del diámetro interior  $d = 30 \text{ mm}$**

Juego categoría	N		<b>05 a 20 <math>\mu\text{m}</math></b>
//	<b>3</b>		<b>13 a 28 <math>\mu\text{m}</math></b>
//	<b>4</b>		<b>23 a 41 <math>\mu\text{m}</math></b>
//	<b>5</b>		<b>30 a 53 <math>\mu\text{m}</math></b>
//	<b>2</b>		<b>01 a 11 <math>\mu\text{m}</math></b>



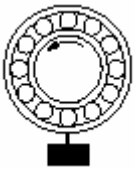
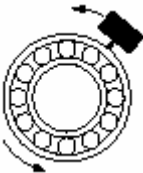
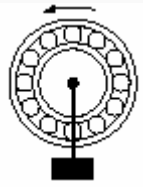

## Montaje: Posicionamiento de los ajustes





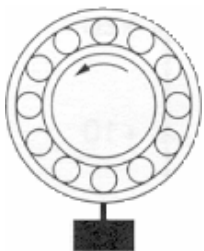
## Montaje: Ajustes recomendados

Estos ajustes pueden verse variados a causa de diversos factores de construcción y funcionamiento

 	<p>Carga giratoria respecto anillo interior</p> <p>↓</p> <p>Anillo interior apretado sobre el eje</p>	<p>Cargas normales</p> <p><math>P &lt; C/5</math></p>	j6 / k6	Caso general	H7 / J7
		<p>Cargas elevadas</p> <p><math>P &gt; C/5</math></p>	m6 / p6	<p>Anillo libre</p> <p>Rod. cónicos o cilíndricos</p>	<p>G7 / H7</p> <p>M7 / P7</p>
 	<p>Carga giratoria respecto anillo exterior</p> <p>↓</p> <p>Anillo exterior apretado en el alojamiento</p>	<p>Caso general</p>	g6 / h6	<p>Cargas normales</p> <p><math>P &lt; C/5</math></p>	M7 / N7
		<p>Anillo libre sobre su asiento</p>	f6 / g6	Cargas muy fuertes	N7 / P7

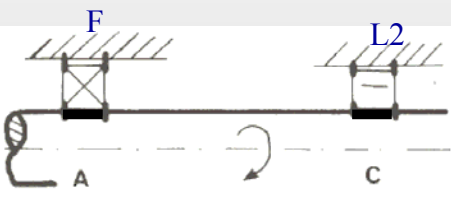
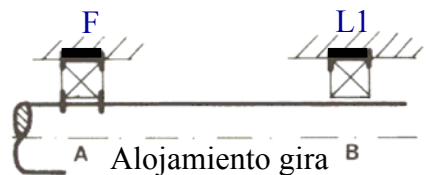
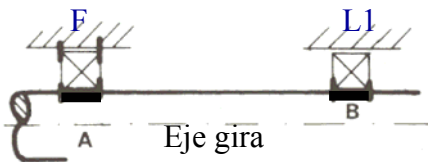


## Montaje: Recomendaciones sobre ajustes

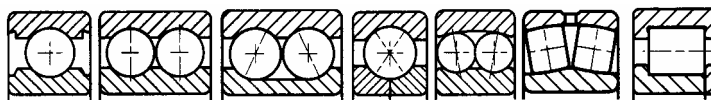


*Se montará con apriete el anillo que gire respecto a la carga*

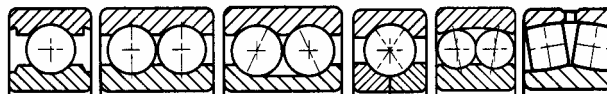
*Como norma general debe existir un apoyo fijo que tome la carga axial en los dos sentidos y parte de la carga radial y otro apoyo móvil que tome el resto de la carga radial*



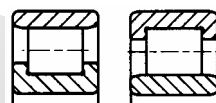
**Apoyo fijo (F)**



**Apoyo libre L1**



**Apoyo libre L2**

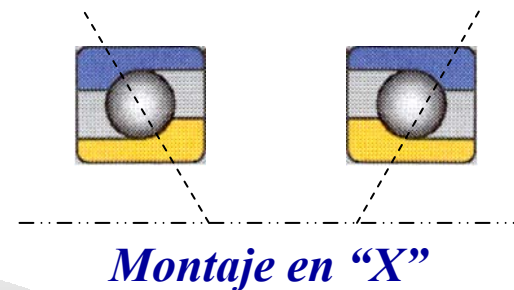
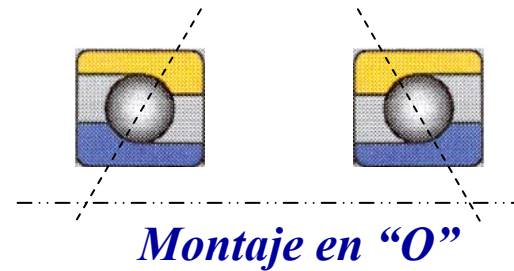
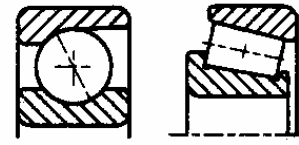
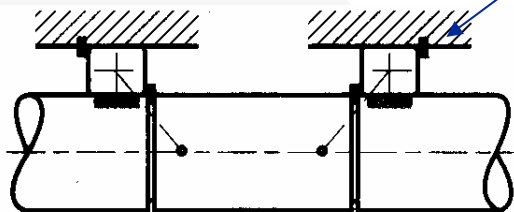
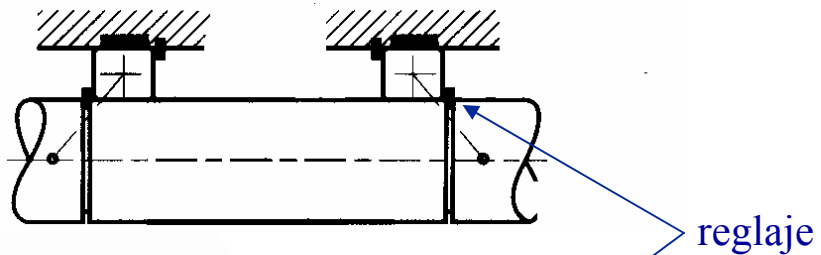




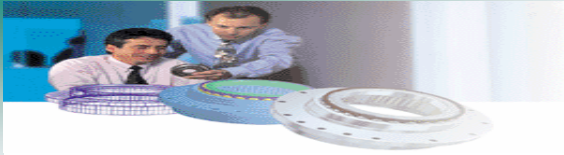
## Montaje: Recomendaciones sobre ajustes

### *Montaje con dos apoyos fijos*

Según la aplicación se define la precarga a conferir al montaje



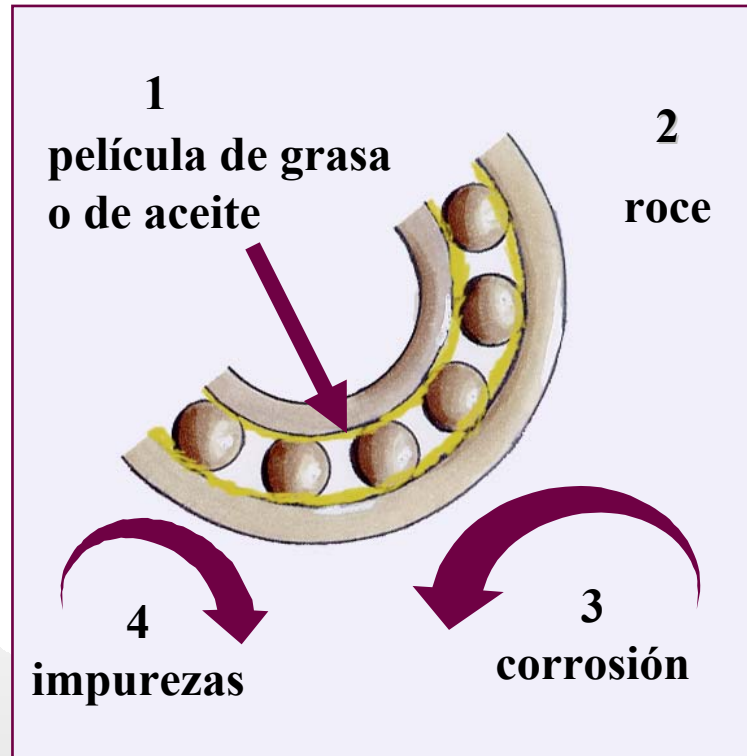




## ***Lubricación:***

# ***Función del lubricante***

formar una **película** entre los cuerpos rodantes y las pistas de rodadura para evitar el contacto **metálico** (metal con metal)



reducir el **roce** y eliminar el **desgaste**

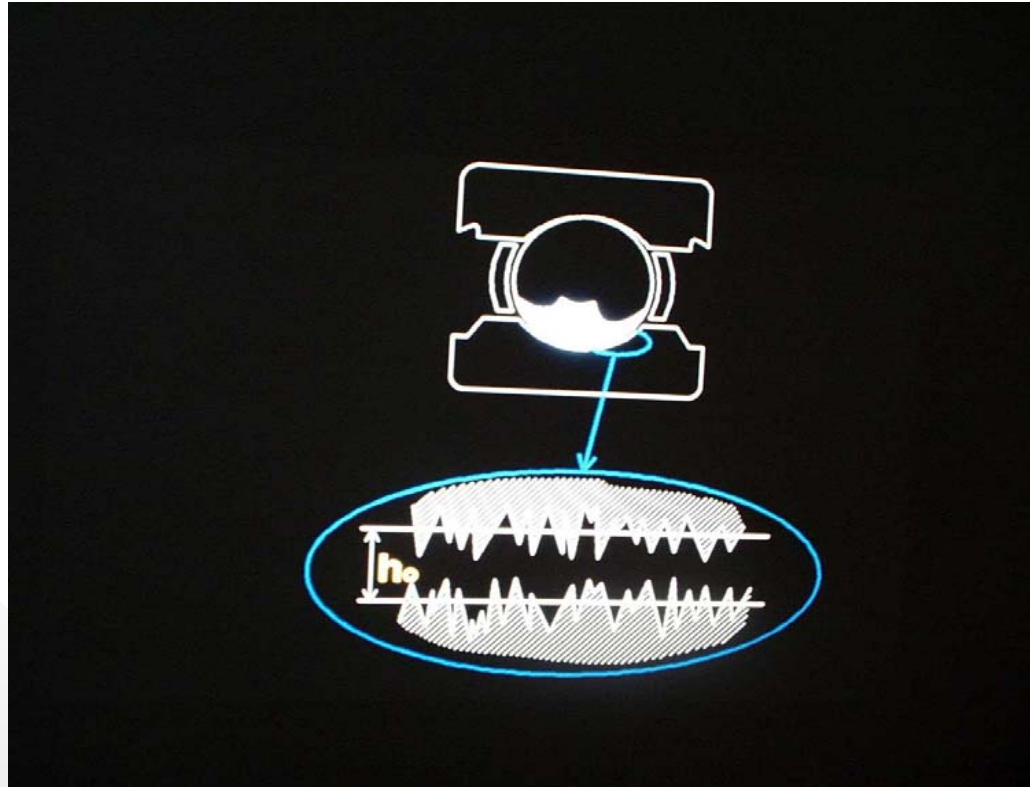
proteger contra la **corrosión**

Ayuda (unicamente la grasa) a evitar la **penetración** de las diferentes **impurezas** (ej. lodo, polvo, humedad, agua ...)

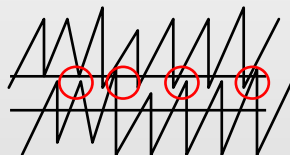


## ***Lubricación:***

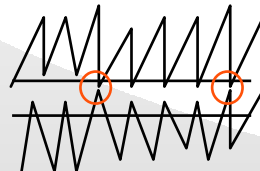
## Formación de la película de aceite



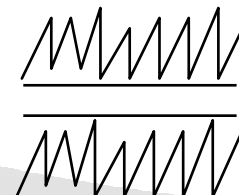
**Lubricación desfavorable**



**Lubricación incierta**



**Lubricación favorable**



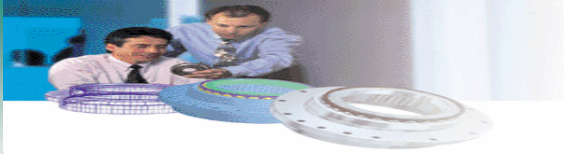


## ***Lubricación:***

# ***Constitución de una grasa***



**Según sean las combinaciones variarán las propiedades de la grasa**



## ***Lubricación: selección***

# ***¿Cómo seleccionar una grasa ?***

### **Criterios utilizados en la selección de una grasa :**

- tamaño del rodamiento y velocidad de rotación (= factor NDm)
- temperatura de funcionamiento
- tipo de rodamiento (un rodamiento de bolas es más fácil de engrasar que un rodamiento de rodillos)
- condiciones de funcionamiento del rodamiento (ambiente y entorno)
- carga

### **Propiedades de una grasa :**

- viscosidad del aceite de base (permite medir la fluidez de la grasa)
- consistencia
- rango de temperatura
- miscibilidad (compatibilidad de las grasas)
- aditivos



## Reglas para un primer engrase correcto

### Lubricación: cantidad, colocación

1. **Seleccionar la grasa correcta:** cada aplicación  $\longleftrightarrow$  un tipo de grasa

2. **Engrasar con la cantidad exacta**

engrase excesivo  $\longrightarrow$  calentamiento  $\longrightarrow$  gripado.

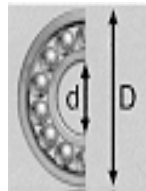
engrase insuficiente  $\longrightarrow$  deterioro prematuro del rodamiento.

La grasa debe ocupar del **20 al 30 % del volumen libre** en el interior del rodamiento.

**Fórmula para el primer engrase:**

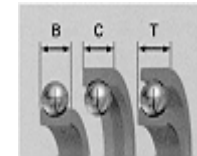
$$G = 0,005 D.B$$

En gramos o en cm<sup>3</sup> de grasa



diámetro exterior

anchura del rodamiento



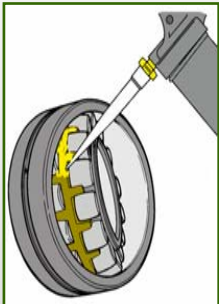
3. **engrasar con el método correcto**

El **método de engrase** depende del tipo de rodamiento. Debe haber grasa **entre los cuerpos rodantes y los anillos**. Girar el rodamiento con la mano **antes** del montaje para que la grasa se difunda a todos los puntos

#### **Observación general:**

Incluso, antes de seguir estas tres reglas, cerciórese de la **limpieza** del lubricante y del rodamiento, ya que la presencia de cuerpos extraños puede ocasionar la destrucción prematura del rodamiento

**pistola de engrase** (que permite un engrase preciso, práctico y limpio)





***Lubricación: cantidad, frecuencia***

## ***Reengrase: frecuencia y cantidad de grasa a añadir***

**El reengrase concierne a todos los rodamientos abiertos**

La **frecuencia de reengrase** depende :

- del **tipo** de rodamiento,
- de la relación : **velocidad de utilización del rodamiento / velocidad límite** (dato en el catálogo),
- del **entorno**, de la **aplicación** y de la **temperatura**

La **cantidad de grasa a añadir** depende :

- de la **anchura** del rodamiento,
- de su **diámetro exterior**,
- del **coeficiente c**, definido en la página 42 del catálogo (según la frecuencia).

**NOTA: los métodos para definir tanto la frecuencia como la cantidad ofrecen resultados orientativos, a ajustar para cada aplicación en función de la experiencia**



## ***Averías en los rodamientos***

### **18 % Contaminación**

- entrada de líquido en servicio
- de abrasivo en servicio
- de partículas en el montaje

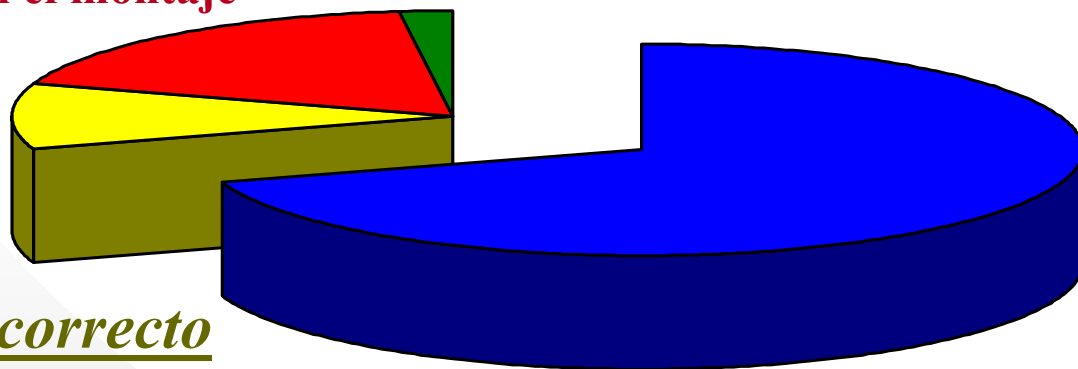
### **2 % Varios**

- defectos de reglaje
- corrosión relacionada con el contacto
- paso de corriente eléctrica

**10 %**

### **Montaje incorrecto**

- montaje brutal
- calentamiento excesivo
- ajustes y juegos
- aprietes en manguitos
- defectos geométricos



### **70 % Lubricación**

- selección del lubricante
- cantidad (demasiada o muy poca)
- frecuencia
- colocación





## *Lubricación: Gripado*



*Rodam. de bolas*



*Rodam. esférico*



*Rodam. cónico*



*Rodam. cónico*



## ***Montaje: Inadecuado***

Roturas debidas a montaje con golpes



Arranque de material en la pista por  
ralineamiento forzado

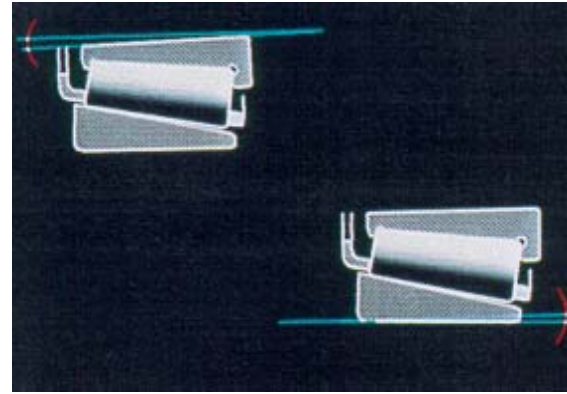
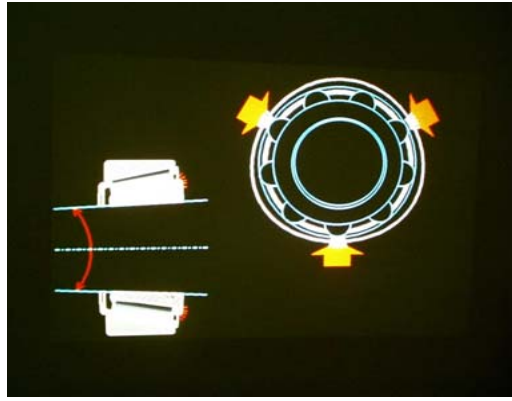
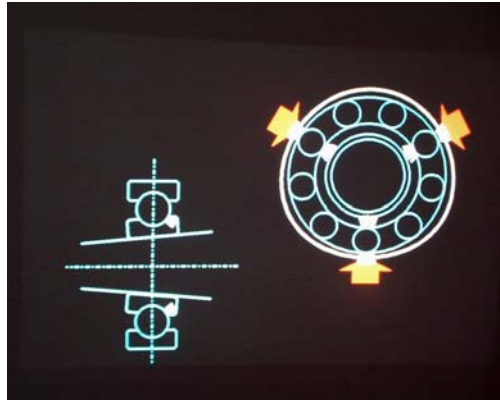
Rotura de una junta debido a montaje con golpes



Huellas en el borde de la pista por montaje  
en el eje con apoyo en el anillo exterior



## *Montaje: defectos geométricos*



Defecto geométrico del eje y alojamiento en rodam. de bolas



Defecto geométrico del eje y alojamiento en rodam. cónicos



Deterioro del cono debido a defecto de alineamiento





## *Contaminación:*



Oxidación en parada  
(entrada de líquido)



Oxidación en funcionamiento  
(entrada de líquido)



Oxidación y desgaste en rotación  
(entrada de líquido con relubricación)



Desgaste debido a  
entrada de abrasivo



Entrada de partículas duras  
(metal, plástico...)



## *Lubricación*

### ENGRASE INSUFICIENTE



centro de las pistas pelado

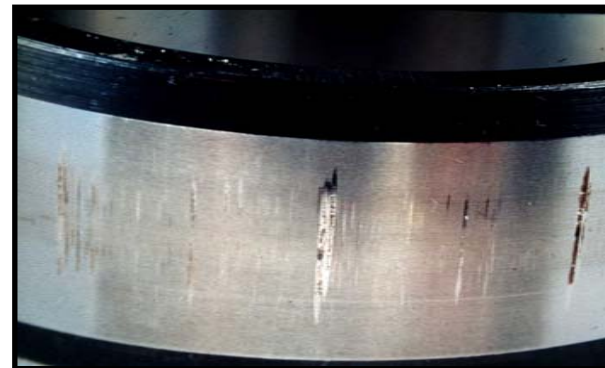


jaula desgastada

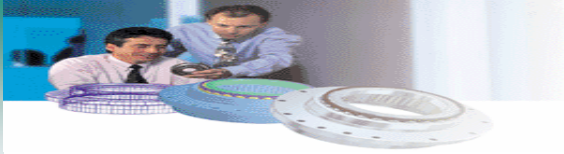
### FALSO EFECTO BRINNEL



Rodam. de bolas

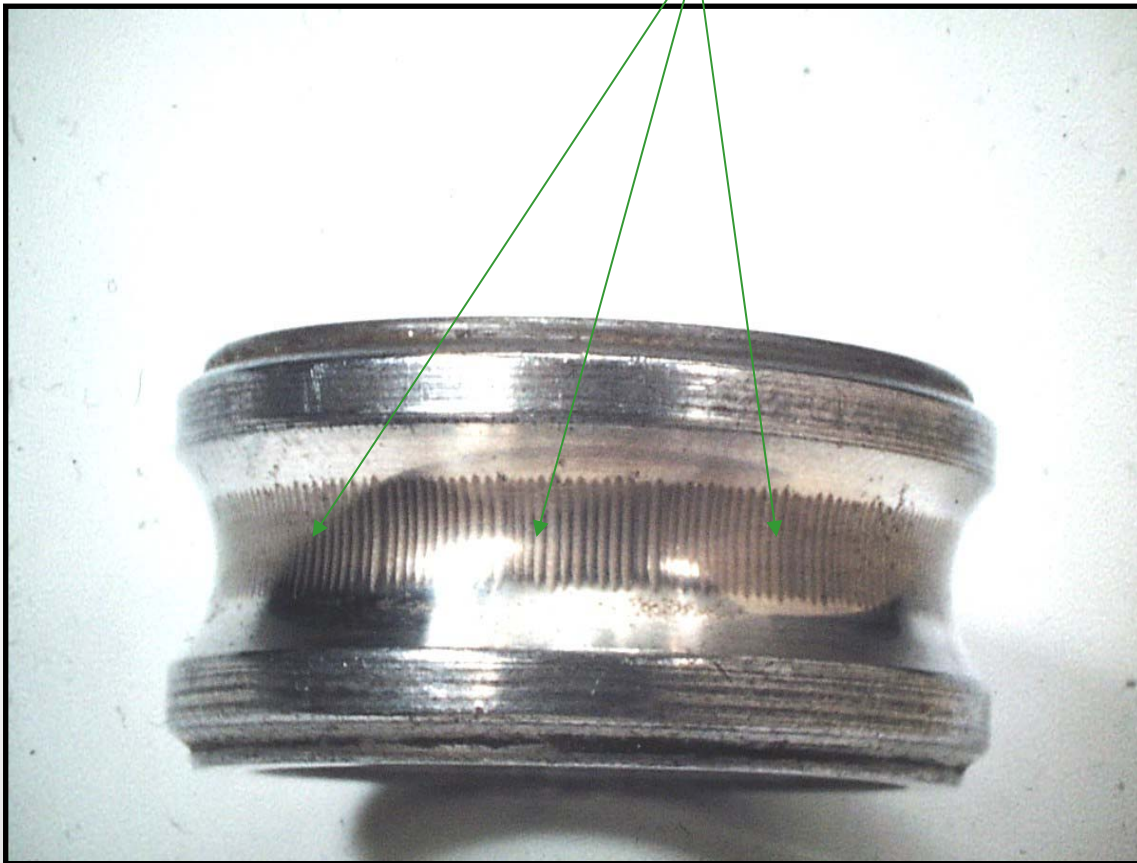


Rodam. de rodillos



***Diversos:***

Paso de corriente eléctrica en  
el anillo interior en rotación





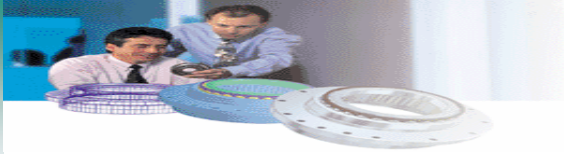
- *Presentación SNR*
- *Selección de rodamientos en función de la aplicación*
  - ✓ *Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias*
  - ✓ *Jaulas*
  - ✓ *Estanquidades*
  - ✓ *Simbolización*
- *Duración de vida*
  - ✓ *Capacidad de carga dinámica y estática*
  - ✓ *Duración de vida nominal*
  - ✓ *Duración de vida corregida*
  - ✓ *Fiabilidad*
- *Montaje e instalación de rodamientos*
  - ✓ *Juego radial*
  - ✓ *Ajustes*
  - ✓ *Selección lubricante adecuado*
  - ✓ *Averías más frecuentes*
- *Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida*
- *Ejemplos*



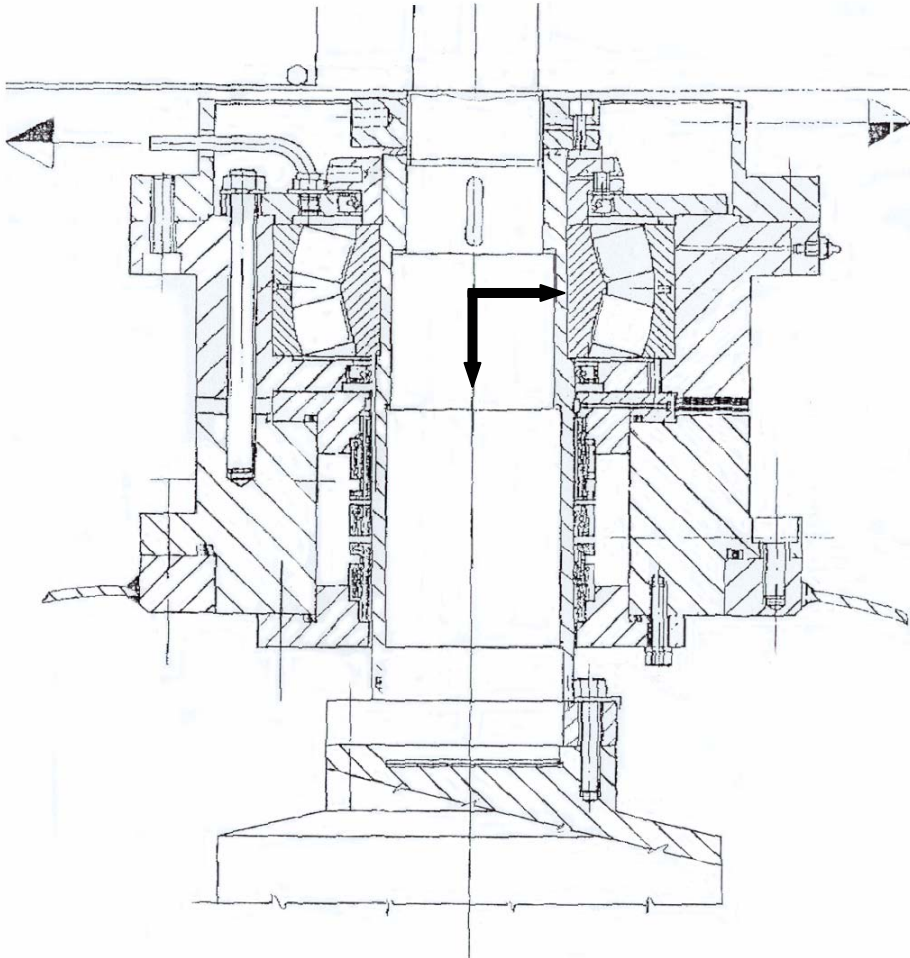




- *Presentación SNR*
- *Selección de rodamientos en función de la aplicación*
  - ✓ *Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias*
  - ✓ *Jaulas*
  - ✓ *Estanquidades*
  - ✓ *Simbolización*
- *Duración de vida*
  - ✓ *Capacidad de carga dinámica y estática*
  - ✓ *Duración de vida nominal*
  - ✓ *Duración de vida corregida*
  - ✓ *Fiabilidad*
- *Montaje e instalación de rodamientos*
  - ✓ *Juego radial*
  - ✓ *Ajustes*
  - ✓ *Selección lubricante adecuado*
  - ✓ *Averías más frecuentes*
- *Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida*
- *Ejemplos*



## *Ejemplo de cálculo: Comparación de soluciones*



### Montaje actual:

- Un rodamiento 22326 B33M

### Condiciones de funcionamiento:

- Fuerza radial = 20000 N
- Fuerza axial = 25000 N
- Velocidad = 500 rpm
- $T = 70^{\circ}\text{C}$
- Lubricación a la grasa.

### Problema:

- Duración del rodamiento muy limitada: de 6 meses a 1 año.

### Solución propuesta:

- Dos rodamientos 7326 BGM.



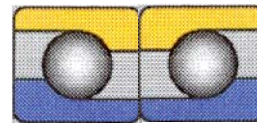
## Ejemplo de cálculo: Comparación de soluciones



**22326 B33M**

**130 x 280 x 93**

**$C = 107000 \text{ daN}$**



**7326 BGM**

**130 x 280 x 58**

**$C = 27500 \text{ daN}$**

**$C_t = 1,625 \cdot C = 44688 \text{ daN}$**

Directamente según catálogo:

**$\Rightarrow L_{10} = 128.319 \text{ horas}$**

Carga dinámica base conjunto dos rodamientos:

•  $C_e = 1,625 \cdot C$  ( $C$  = Carga dinámica de un solo rodamiento)

Carga dinámica equivalente de un palier doble en “O”:

•  $P = F_r + 0,55 \cdot F_a$  si  $F_a/F_r \leq 1,14$

•  $P = 0,57 \cdot F_r + 0,93 \cdot F_a$  si  $F_a/F_r > 1,14$

En nuestro caso  $F_a/F_r < 1,14$  por lo tanto:

$C_e = 1,625 \cdot 27500 = 44688 \text{ daN}$ .

Como  $L_{10_c} = (1,625 \cdot C/P)^3 = 4,29 \cdot L_{10}$

**$\Rightarrow L_{10_c} = 309.926 \text{ horas}$**





## Ejemplo de cálculo: *Datos de partida*

<b>Rodamiento</b>									
<b>Tipo:</b>	cilindrico								
<b>Ref:</b>	ETR22908								
<b>Eje:</b>	Arbre001								
<b>Abcisa:</b>	2215								
<b>Geometría</b>									
Posición primer rodillo (°) :	0								
Juego , precarga radial (mm) :	0,01								
Número de rodillos:	13								
Diámetro primitivo (mm) :	58								
Diámetro máximo rodillos (mm) :	14								
Longitud rodillos (mm) :	24								
Redondeo chaflán (mm) :	0,5								
Longitud cilíndrica (mm) :	0								
Radio curvatura AI (mm) :	0								
Radio curvatura AE (mm) :	0								
Radio curvatura perfil rodillos (mm) :	5000								
Rugosidad AE (Ra - µm) :	0,1								
Rugosidad AI (Ra - µm) :	0,1								
Rugosidad rosillos (Ra - µm) :	0,06								
<b>Lubricante</b>									
				SAE_80W/85W					
Densidad :				0,9					
Viscosidad:				23,74					
Piezo viscosidad (1e-8 m²/N) :				2,00					
Tipo lubricación :				2					
Tipo lubricante :				0					
Temperatura en °C:				80					
<b>Opciones</b>									
Velocidad rotación AI (rpm) :				2566					
Velocidad rotación AE (rpm) :				0					
Precision cuerpos rodantes :				0,1					
Ley equilibrio :				0					
<b>Material</b>									
BI :				100C6_Q1					
Young (daN/mm²) :				21000					
Coef. Poisson :				0,26					
BE :				100C6_Q1					
Young (daN/mm²) :				21000					
Coef. Poisson :				0,26					
CR :				100C6_Q1					
Young (daN/mm²) :				21000					
Coef. Poisson :				0,26					



## Ejemplo de cálculo: *Datos de partida*

### Secciones eje

Eje	Inicio (mm)	Fin (mm)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Módulo Yuong (daN/mm <sup>2</sup> )	Módulo cizallamiento (daN/mm <sup>2</sup> )
Arbre001	0	200	60	0	21000	8330
Arbre001	200	300	35	0	21000	8330

### Esfuerzos eje

Eje	Abcisa (mm)	Faxial (daN)	Fs (daN)	Ft (daN)	Rp (mm)	T (°)
Arbre001	164	-3000	4000	0	83	0

### Elementos especiales

Primer nodo			Segundo nodo			Nombre enlace	tipo enlace
Abcisa nodo (mm)	Eje	Tipo de nodo	Abcisa nodo (mm)	Eje	Tipo de nodo		
2215	Arbre001	AE	2215	Arbre001	Carter	Especial	Matriz

### Precarga

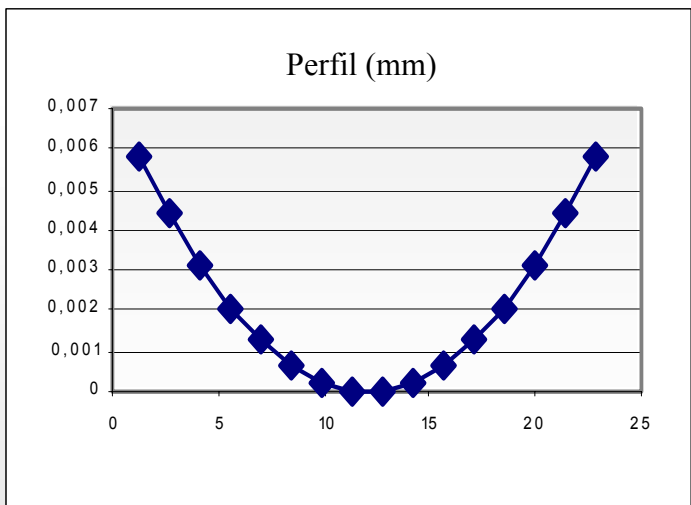
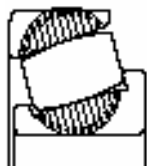
Rodamiento	Eje	Abcisa (mm)	Juego (mm)	Desplazamiento impuesto (mm)	Esfuerzo Impuesto (daN)
Rod002	Eje001	107		0,02	





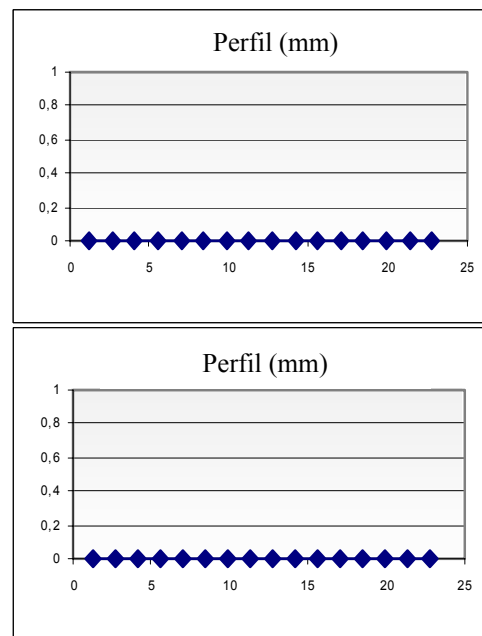
## *Ejemplo de cálculo: Perfil cuerpos rodantes*

### Rodamiento de rodillos cilíndricos



Perfil de los rodillos

Radio curvatura perfil = 5000 mm



Perfil de la pista exterior e interior

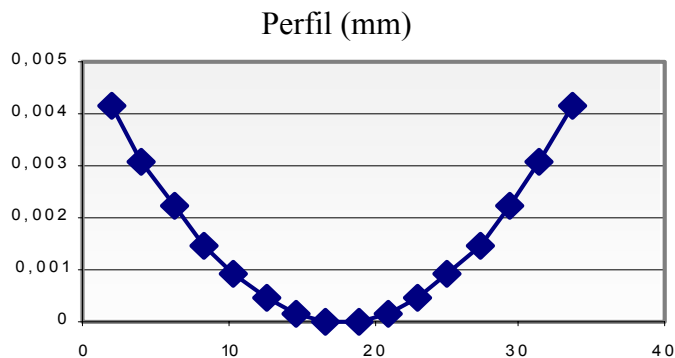
Perfil cilíndrico





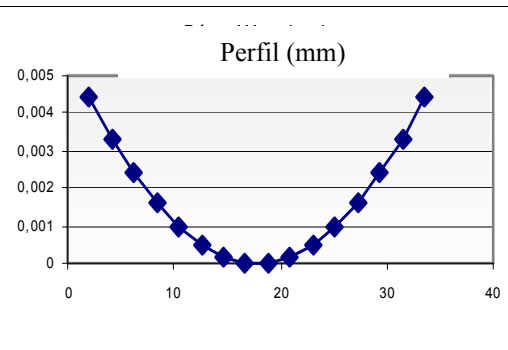
## *Ejemplo de cálculo: Perfil cuerpos rodantes*

### Rodamientos de rodillos cónicos



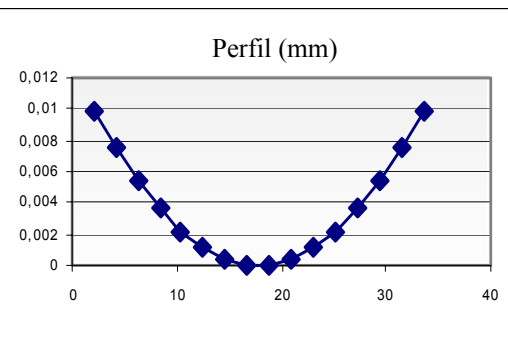
Perfil de los rodillos cónicos

Radio curvatura perfil = 30.000 mm



Perfil de la pista interior

Radio curvatura perfil = 28.000 mm



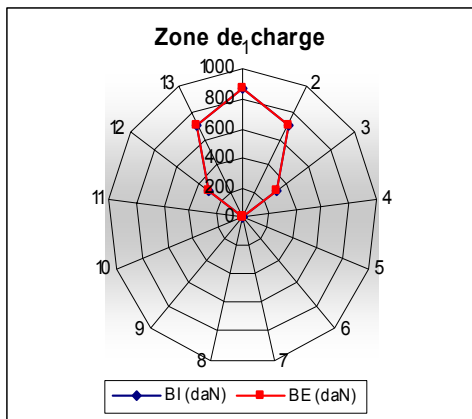
Perfil de la pista exterior

Radio curvatura perfil = 12.500 mm

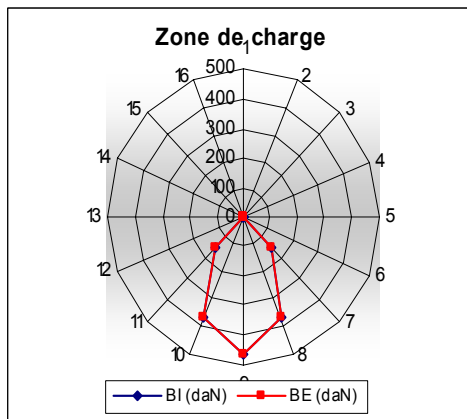


## Ejemplo de cálculo: Presiones de contacto

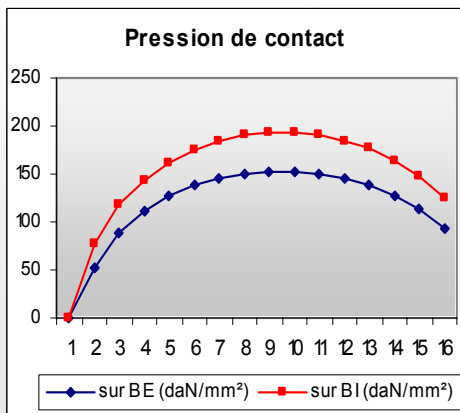
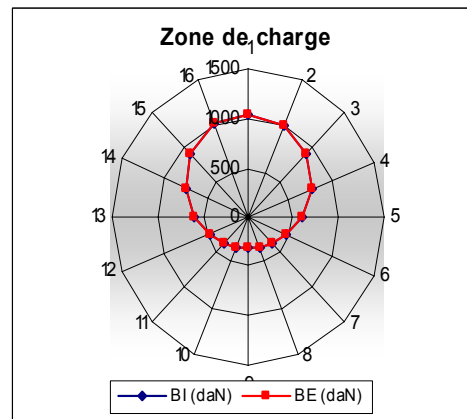
Cilíndrico



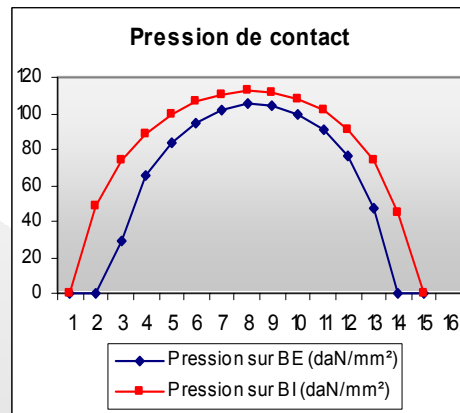
Cónico en abcisa 20 mm



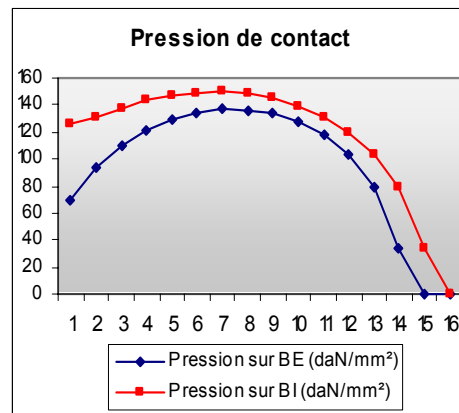
Cónico en abcisa 107mm



Rodillo más cargado: n° 1



Rodillo más cargado: n° 9



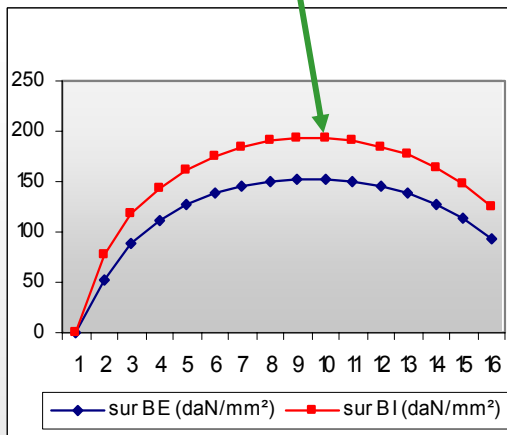
Rodillo más cargado: n° 1



## *Ejemplo de cálculo: Presiones de contacto*

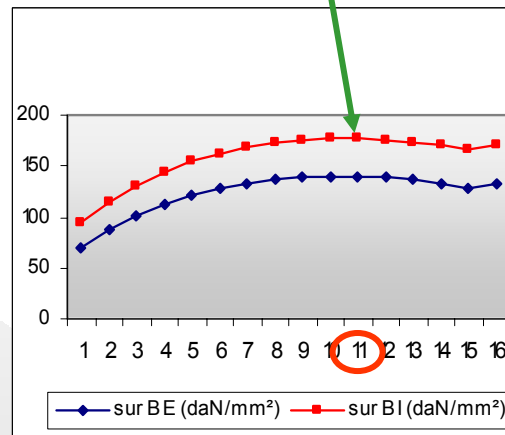
Variación de la presión de contacto en el rodillo más cargado del rodamiento de rodillos cilíndricos (nº1) en función del radio de curvatura del perfil del mismo

$P_{max}=193,37 \text{ daN/mm}^2$



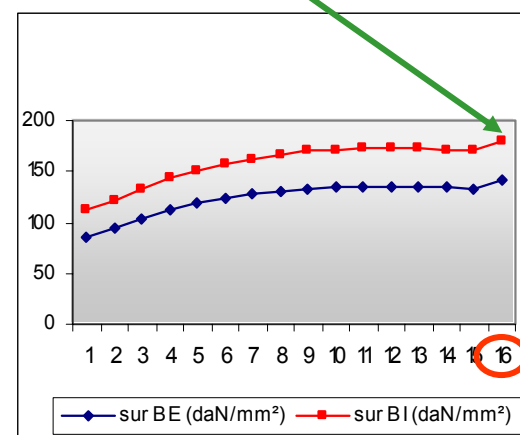
$R= 5000 \text{ mm}$

$P_{max}=177,37 \text{ daN/mm}^2$



$R= 10000 \text{ mm}$

$P_{max}=180,39 \text{ daN/mm}^2$



$R= 14000 \text{ mm}$



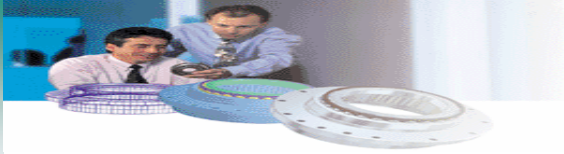
## *Ejemplo de cálculo: Duración de vida*

### Duración de vida máxima

	Rodamiento 1	Rodamiento 2	Rodamiento 3
AE (km)	250529	5869840	298368
AI (km)	2831495	13665890	854130
Rodamiento (km)	236822	439203	235291
A2 material	1	1	1
A3 temp	1	1	1
A3 lubricación	2,467	2,728	2,671
Corregida	584241	11976474	628464
L10 global (km)	148.090		
L10 global correg.(km)	379.906		

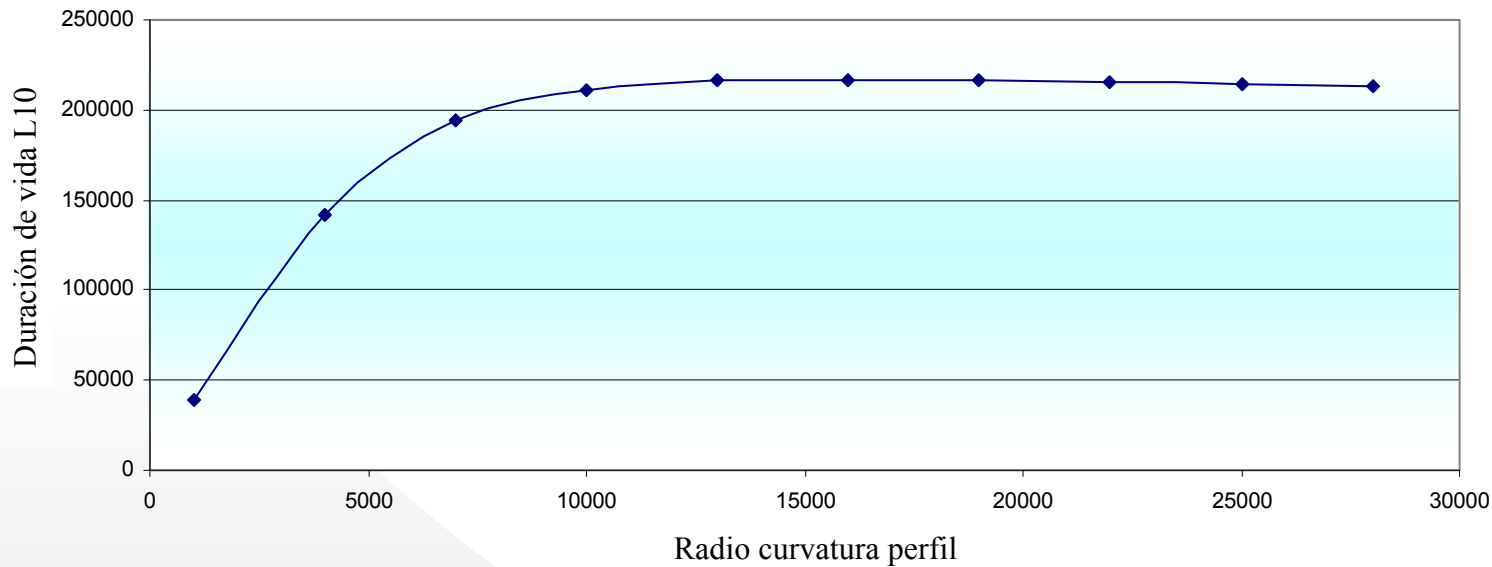
$$F_{\text{global}} = F_1 \times F_2 \times \dots \times F_n$$

$$L_{10 \text{ global}} = \left( \sum_i \frac{1}{L_i^{1,5}} \right)^{-\frac{1}{1,5}}$$



## *Ejemplo de cálculo:*

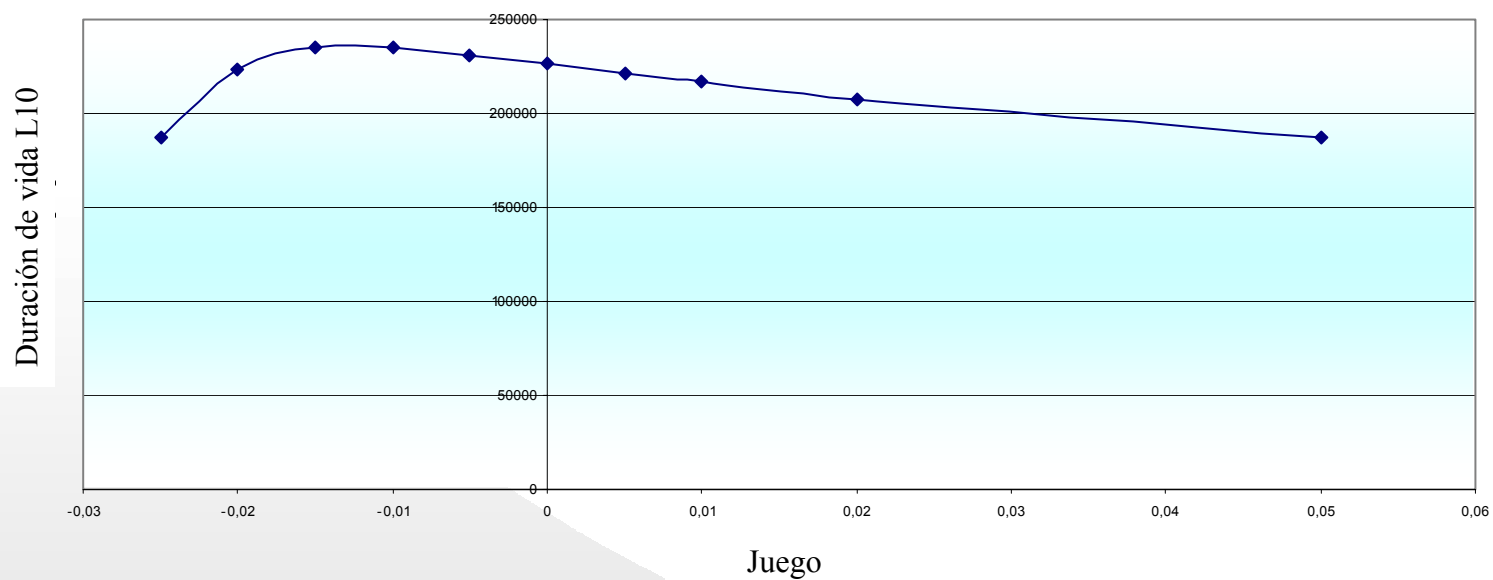
Duración de vida en función del perfil de los rodillos cilíndricos





## *Ejemplo de cálculo:*

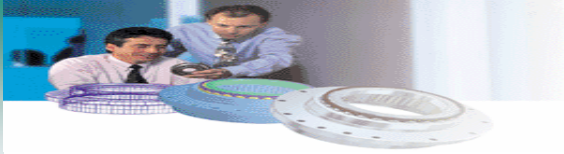
Duración de vida en función del juego radial del rodamiento cilíndrico





- *Presentación SNR*
- *Selección de rodamientos en función de la aplicación*
  - ✓ *Factores de selección de los rodamientos : aptitudes, familias*
  - ✓ *Jaulas*
  - ✓ *Estanquidades*
  - ✓ *Simbolización*
- *Duración de vida*
  - ✓ *Capacidad de carga dinámica y estática*
  - ✓ *Duración de vida nominal*
  - ✓ *Duración de vida corregida*
  - ✓ *Fiabilidad*
- *Montaje e instalación de rodamientos*
  - ✓ *Juego radial*
  - ✓ *Ajustes*
  - ✓ *Selección lubricante adecuado*
  - ✓ *Averías más frecuentes*
- *Utilización del CD-Rom SNR Duración de vida*
- *Ejemplos*

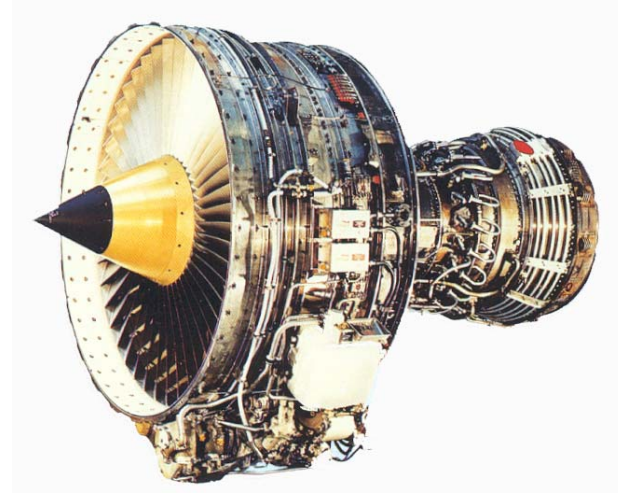




## *Ejemplos Aeronáutica: Motores*

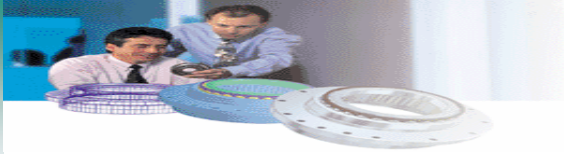


DC8-70: Turboreactor CFM 56 (GE/SNECMA)



Mirage 2000: Turboreactor M53 (SNECMA)





## ***Ejemplos Aeronáutica: Motores***

### 1.- Rodamientos del eje principal

- Su función es la de guiar los rotores (soportar las turbinas y compresores).
- Absorber los empujes axiales muy importantes
- A velocidades elevadas (25000 rpm para un rodamiento de 100mm ).
- Trabajan a temperaturas de hasta 300°C
- Generalmente rodamientos de bolas de contacto angular



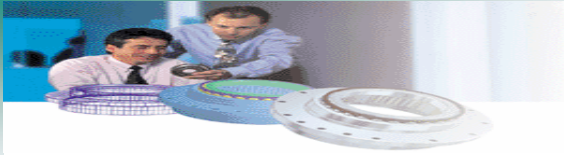
**Rodamiento palier I  
del Turboreactor  
CFM 56**



**Rodamiento palier IV del  
turboreactor CFM 56**



**Rodamiento palier II del  
Turboreactor M53**



## ***Ejemplos Aeronáutica: Motores***

### 2.- Rodamientos de transmisión y de soporte de elementos accesorios:

- Su función es la de guiar elementos accesorios del motor: alimentación de carburante, corriente eléctrica, potencia hidráulica,...
- Tamaño reducido- prestaciones muy elevadas
- A velocidades elevadas
- Nivel de precisión de rotación exigido muy alto
- Generalmente rodamientos de bolas de contacto angular, de contacto radial o de rodamientos de rodillos



**Rodamiento turboreactor  
ADOUR: avión de combate  
JAGUAR**

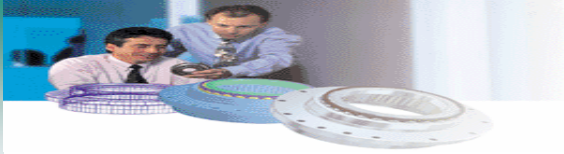


**Rodamientos soporte  
accesorios turboreactor CFM56**



**Rodamiento soporte accesorios  
del turboreactor M53**

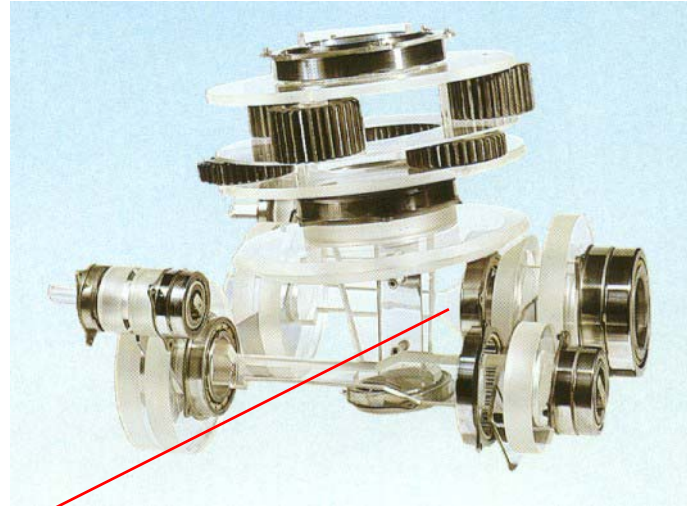




## *Ejemplos Aeronáutica: Helicópteros*



AS 332 SUPERPUMA



Maqueta caja transmisión principal del  
helicóptero AS 332 SUPERPUMA



## *Ejemplos Aerogeneradores: Datos básicos*

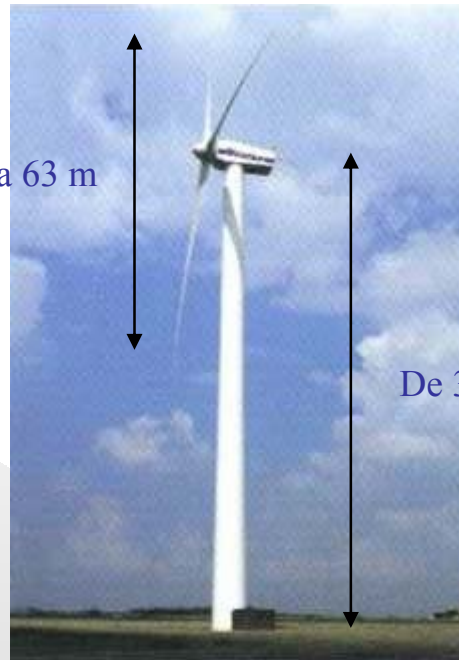
España ocupa el 2º puesto mundial tras Alemania en potencia instalada 6.200 MW por delante de EEUU y Dinamarca.

Potencia desde 300 kW hasta 3MW

De 35 a 63 m

De 35 a 75 m

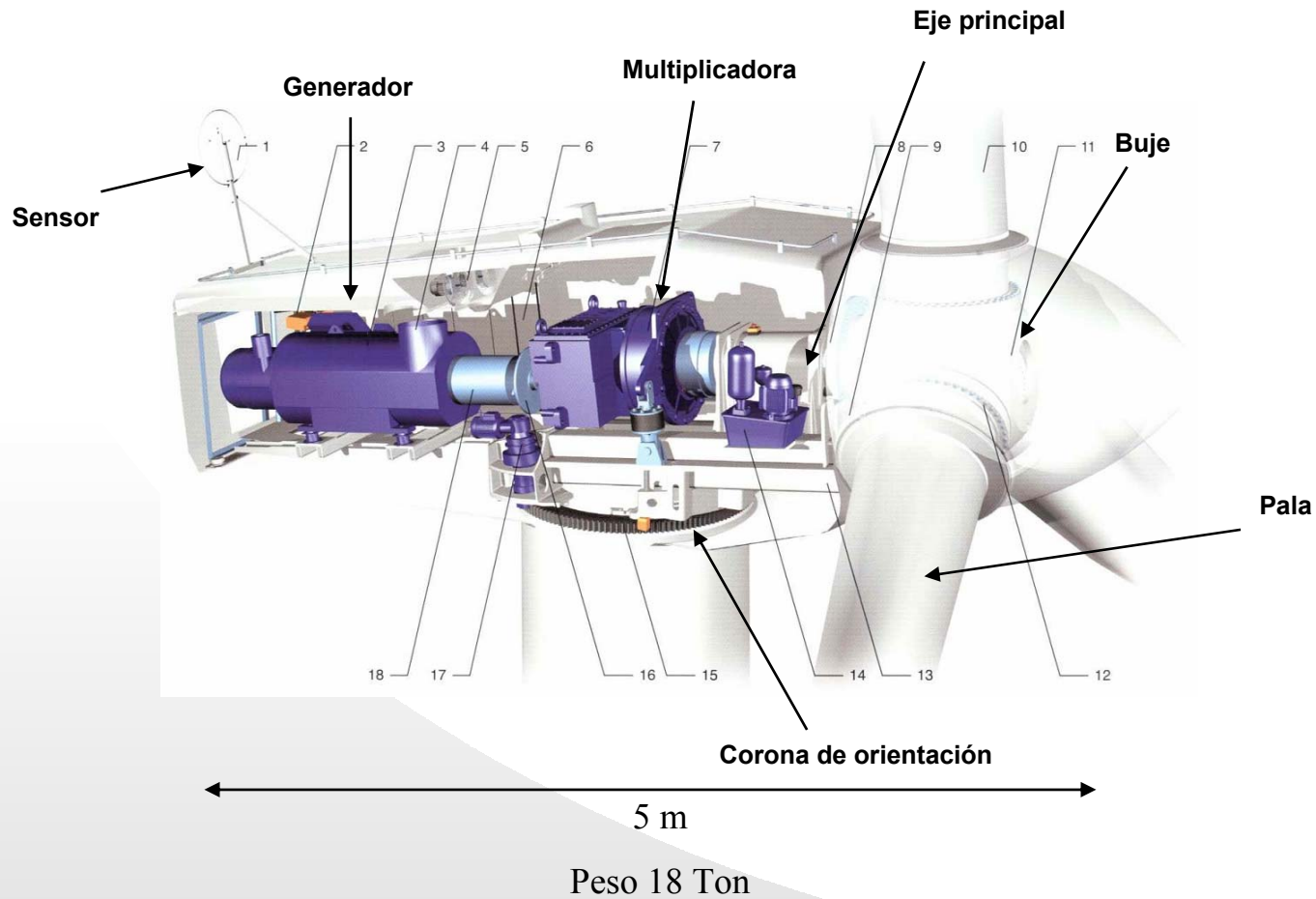
Peso 32 Ton

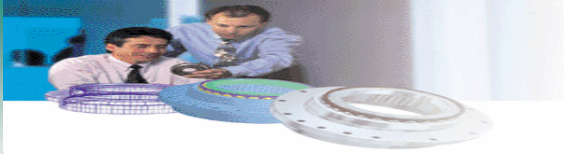


3 m

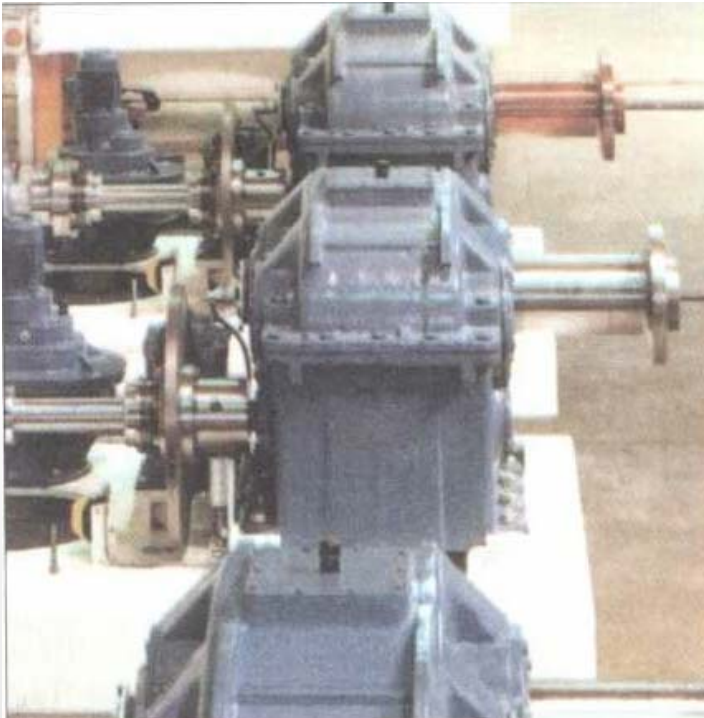


## *Ejemplos Aerogeneradores:*





## *Ejemplos Aerogeneradores: **Multiplicadora***



Adapta la baja velocidad de rotación del eje del rotor a las más altas del generador eléctrico

Tipos:

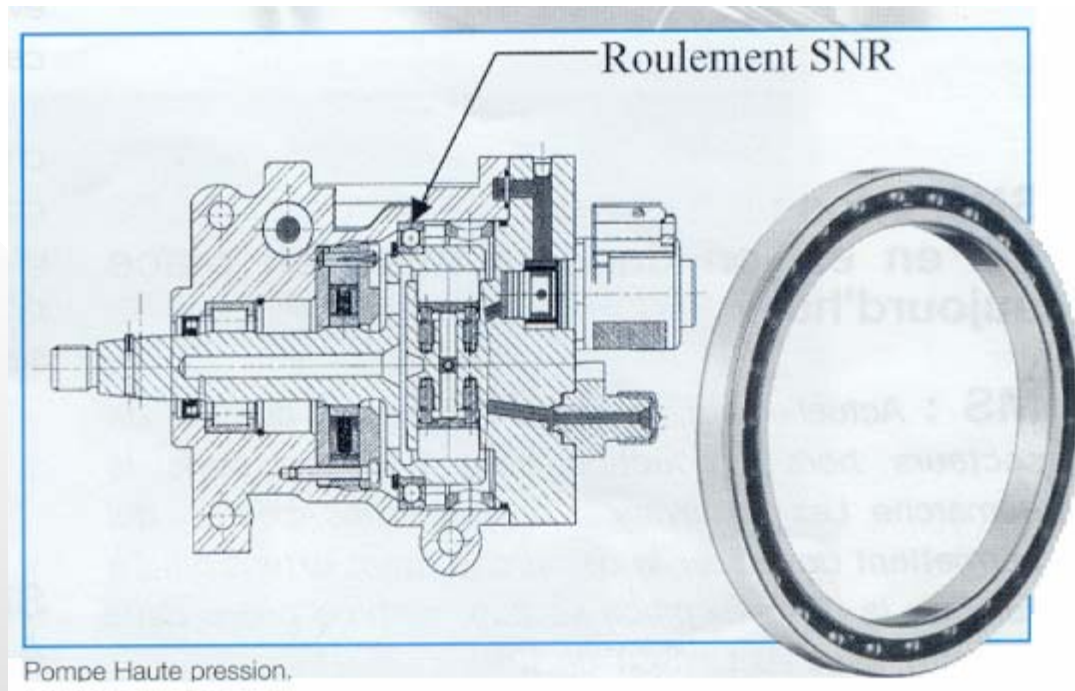
- Ejes paralelos
- Planetarios

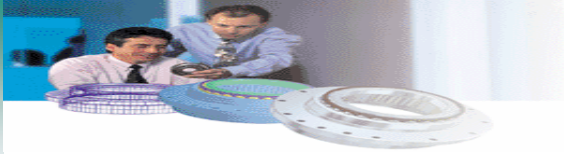




## *Ejemplos*

*Rodamiento especial para la bomba Common Rail desarrollada por Delphi Diesel Systems*

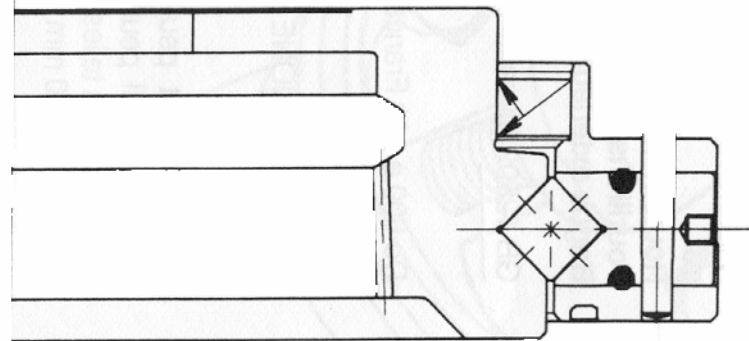




## Ejemplos

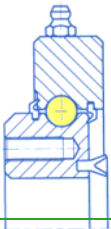
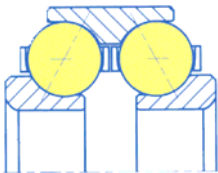
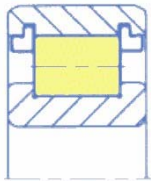
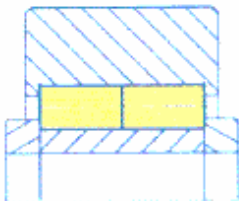
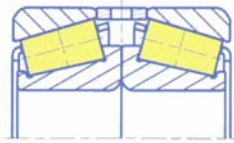
### Rodamiento del plato de mesa posicionadora

- Rodamiento de una hilera de rodillos cruzados precargado.
- Anillos de fijación directa
- Accionamiento mediante el dentado del anillo interior.
- Estanquidad y engrase a vida..
- Gran simplificación del montaje(ahorro de tiempo) y aumento de la precisión global al suprimir el número de piezas ( y por tanto el apilamiento de cotas con tolerancias)





## Ejemplos

	Robótica, reductores, esp., manutención, elevación, bombas	Manutención, agrícola, alimentario, reductores,...	Manutención, agrícola, siderurgia, imprensa	Siderurgia, aliment., transportadores, obras públicas	Siderurgia, aliment., transportadores, obras públicas, manutención,...
	QJ,AB	GB	N	GNU	FC
					
Carga radial	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Carga axial	Media	Alta	Baja	Baja	Muy alta
Velocidad	Muy alta	Muy alta	Media	Muy baja	Alta
Par de vuelco	Alto	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Muy alto
Rozamiento	Muy bajo	Muy alto	Medio	Medio	Bajo
Engrase	Muy bueno	Muy bueno	Medio	Medio	Bueno
Protección	Media	Muy buena	Media	Media	Buena



Fin

SNR - Industry

