

# NTN

## MANUAL DE MANTENIMIENTO Y MONTAJE DE RODAMIENTOS

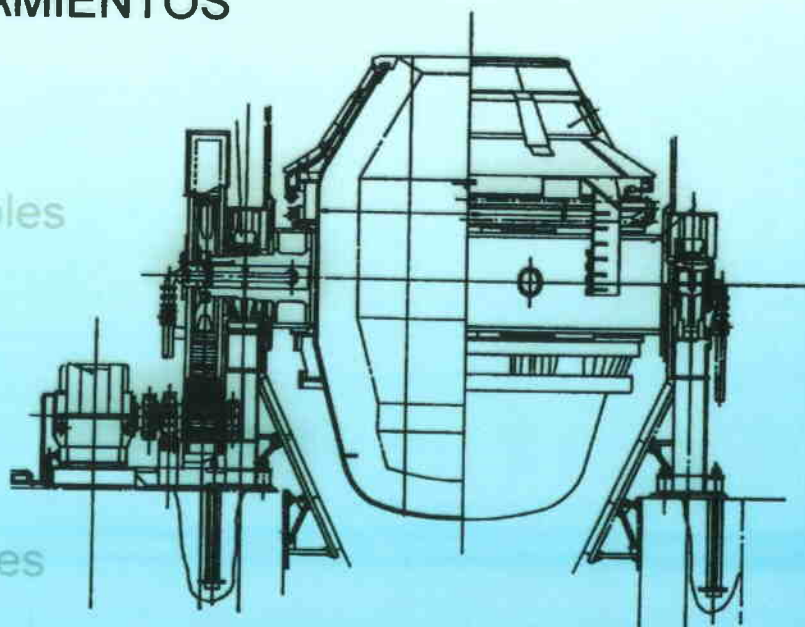
Balineras

Roles

Rodamientos

Baleros

Rulemanes



Selección

Juegos

Lubricación

Ajustes

Tolerancias

# ***Manual de Mantenimiento y Montaje de Rodamientos***

***NTN SUDAMERICANA, S.A.***

***Panamá, República de Panamá***

***Septiembre de 2007***

### CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS RODAMIENTOS

#### FRICCIÓN

El principio básico de fricción también es aplicable a los rodamientos, ya que la idea era fabricar un mecanismo el cual fuera capaz de girar y dar movimiento a la maquinaria. La fuerza de fricción deslizando aumenta a medida que se incrementa el peso, a partir de este enunciado básico se fabrican los rodamientos, tratando de evitar la mayor cantidad de fricción posible mediante el movimiento de rodadura.

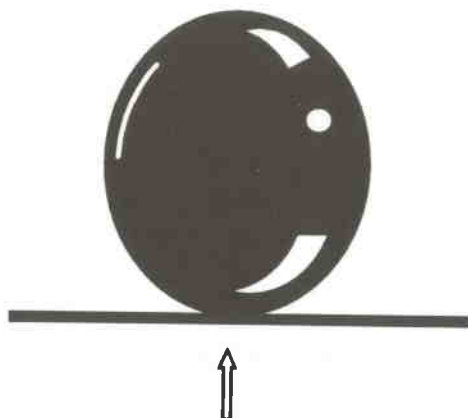
$$\begin{array}{lcl}
 \text{FRICCIÓN} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \begin{array}{l} F = \text{Fuerza de Fricción} \\ \mu = \text{Coeficiente de Fricción} \\ W = \text{Peso} \end{array} \\
 F = \mu W & & 
 \end{array}$$

Los rodamientos son elementos muy eficientes los cuales permiten a un mecanismo girar o estar en movimiento, imaginemos por un momento si en la antigua cultura egipcia hubiesen existido los rodamientos, en cuanto tiempo se hubiesen construido las Pirámides de Egipto.

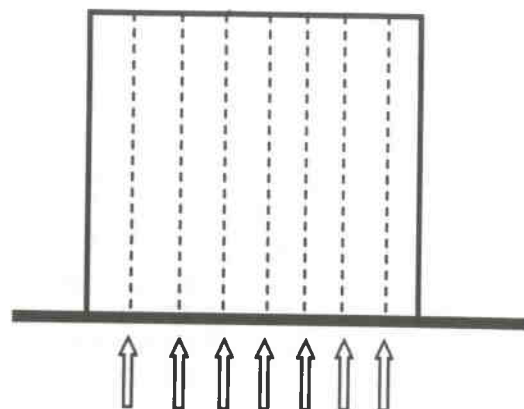
Los rodamientos constan de cuatro elementos constitutivos esenciales: anillo interior, anillo exterior, jaula y los elementos rodantes.

Los rodamientos se pueden clasificar de acuerdo a la forma geométrica de los elementos rodantes, teniendo como resultado rodamientos de bolas y rodamientos de rodillos; de igual manera según la dirección de la carga que soporten, teniendo así rodamientos radiales y rodamientos axiales.

Es muy importante la clasificación atendiendo a la geometría de los elementos rodantes, ya que la misma determina ciertas aptitudes y limitaciones de los mismos. Por ejemplo: los rodamientos de bolas, pueden girar a más altas revoluciones, generan menos fricción y tienen mejores propiedades acústicas, pero están limitados en su capacidad de soporte de carga. Por otro lado, los rodamientos de rodillos, tienen mayor capacidad de carga, pero generan mucha fricción y están limitados en su velocidad de rotación, además de que sus propiedades acústicas no son las mejores.



NTN



RODILLOS

### INFORMACIÓN INGENIERIL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**NTN sudamericana S.A.**

[www.ntsudamericana.com](http://www.ntsudamericana.com)

### VIDA TEÓRICA

Los rodamientos anti-fricción son un elemento de consumo y en algún momento fallarán y tendrán que ser reemplazados. La forma en que se espera que fallen bajo condiciones normales de operación es fatiga (agrietamiento o descascarillado de las superficies de rodadura). Bajo esfuerzos cíclicos repetitivos, los daños por fatiga se presentan a cierta profundidad, pero en la sub-superficie, o sea debajo de la superficie del metal. La profundidad y la velocidad con que las fracturas debidas a la fatiga se desarrollan dependen de la capacidad de carga dinámica del rodamiento, la carga aplicada y la velocidad de rotación.

Aunque hay varias formas en las cuales puede fallar un rodamiento, el descascarillado por fatiga es el único mecanismo que puede estimarse o calcularse. Cuando se diseña o selecciona un nuevo rodamiento para un equipo, los ingenieros calculan la vida teórica (identificada como  $L_{10}$  o  $B_{10}$ ), como un parámetro o punto de partida para la selección de los rodamientos.

La ecuación para el cálculo de la vida teórica, la cual fue desarrollada en el año 1940 es:

$$L_{10} = \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^\rho$$

donde:  $L_{10}$  = Vida teórica en millones de revoluciones con 90 % de confiabilidad

$C_r$  = Capacidad de carga dinámica del rodamiento

$P_r$  = Carga equivalente aplicada al rodamiento

$\rho$  = 3 para bolas, 10/3 para rodamientos de rodillos

Para convertir  $L_{10}$  en horas:  $L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10}$  ó  $L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^\rho$

donde:  $n$  = Velocidad de rotación (rpm)

### VIDA TEÓRICA AJUSTADA

Debido a la necesidad de considerar los desarrollos y mejoramientos en los materiales y la tecnología de fabricación, ciertos modificadores se han añadido a la ecuación original, tal como sigue:

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

ó

$$L_{10ha} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \left( \frac{C}{P} \right)^\rho$$

Donde:  $L_{10na}$  Vida teórica ajustada en millones de revoluciones con el 90 % de confiabilidad

$L_{10ha}$  Vida teórica ajustada en horas

$a_1$  Factor de ajuste por confiabilidad

$a_2$  Factor de ajuste por material

$a_3$  Factor de ajuste por condiciones de operación (lubricación principalmente)

**Factor de Ajuste de la Vida por Confiabilidad -  $a_1$ :** La vida teórica es una variable estadística. La confiabilidad se refiere al porcentaje de rodamientos aparentemente iguales, todos operando bajo las mismas condiciones, que llegarán o sobrepasarán el número teórico de revoluciones esperadas.

| Factores de Confiabilidad |          |              |
|---------------------------|----------|--------------|
| % de Confiabilidad        | Símbolo  | Factor $a_1$ |
| 90                        | $L_{10}$ | 1.00         |
| 95                        | $L_5$    | .62          |
| 96                        | $L_4$    | .53          |
| 97                        | $L_3$    | .44          |
| 98                        | $L_2$    | .33          |
| 99                        | $L_1$    | .21          |
| 50                        | $L_{50}$ | 5.00         |
| 25                        | $L_{75}$ | 9.00         |

90% de confiabilidad es un valor utilizado para la gran mayoría de las aplicaciones industriales. En otras palabras, 90 % de los rodamientos alcanzarán o sobrepasarán la vida teórica calculada. Aplicaciones muy críticas como turbinas de aviones, requieren un grado de confiabilidad mucho mayor. La tabla adjunta muestra el factor  $a_1$  para varios niveles de confiabilidad.

**Factor de Ajuste de la Vida por Material -  $a_2$ :** algunos procesos de fabricación de acero permiten un ajuste en la vida teórica y se toman en consideración a través del factor  $a_2$ . Aceros súper limpios o carburizados, ambos permiten un incremento de la vida teórica.

El incremento en la vida teórica para componentes carburizados de los rodamientos NTN, está gobernado por los siguientes factores de ajuste por material ( $a_2$ ).

Ejemplo: ET-32320

| Tratamientos Térmicos de Carburización |         |              |
|----------------------------------------|---------|--------------|
| Tratamiento Térmico                    | Símbolo | Factor $a_2$ |
| Carburizado                            | 4T-     | 1.4          |
| Carburizado Especial                   | ET-     | 1.9          |

**Factor de Ajuste de la Vida por Condiciones de Operación -  $a_3$ :** se utiliza para ajustar la vida dependiendo de la lubricación, temperatura y otras condiciones operativas, las cuales tienen un efecto en la duración del rodamiento.

### CAPACIDAD DE CARGA DEL RODAMIENTO

Los catálogos de todos los fabricantes contienen tablas de rodamientos, las cuales incluyen entre otras cosas, las capacidades básicas de carga dinámica y estática de los rodamientos. Usualmente estas capacidades son confundidas o mal interpretadas por los usuarios.

### CAPACIDAD BÁSICA DE CARGA DINÁMICA $C_R$

La capacidad básica de carga dinámica es un valor calculado (teóricamente), el cual se basa principalmente en el número y tamaño de los elementos rodantes. De igual manera, hay otros factores incluidos en el cálculo. La ecuación que permite calcular la capacidad de carga dinámica para rodamientos de bolas y de rodillos ha sido determinada por ISO. El valor resultante es la carga que teóricamente pueden soportar los rodamientos por un millón ( $1 \times 10^6$ ) de revoluciones, que es el momento en donde se espera que inicie el descascarillado por fatiga en alguna de las superficies rodantes. La capacidad de carga dinámica no corresponde al máximo valor de carga que un rodamiento puede manejar. Los niveles de carga liviana, normal y pesada se determinan como sigue a continuación:

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| Carga Liviana | $P_r \leq 0.06 C_r$            |
| Carga Normal  | $0.06 C_r < P_r \leq 0.12 C_r$ |
| Carga Pesada  | $P_r > 0.12 C_r$               |





### CAPACIDAD BÁSICA DE CARGA ESTÁTICA $C_0$

La capacidad de carga estática se determina también por parámetros de ISO. La capacidad de carga estática es aquella que al ser aplicada a un rodamiento estático (inmóvil), producirá una deformación permanente en el punto de contacto más cargado igual a  $1/10000$  del diámetro del elemento rodante. Este grado de deformación lo estipula ISO, como el nivel de daño requerido para impedir el libre y adecuado funcionamiento del rodamiento.

### VELOCIDADES LÍMITES

Hasta el momento, no existe un estándar o norma industrial que permita determinar las velocidades límites de los rodamientos. Por lo tanto, cada fabricante utiliza su propio método para definir la máxima velocidad de rotación permisible, razón por la cual se presenta una amplia variación en estos valores entre un fabricante y otro. Al comparar las velocidades límites de varios fabricantes para un mismo rodamiento, es importante examinar las condiciones bajo las cuales los fabricantes establecen dicho valor.

Los catálogos de la gran mayoría de los fabricantes muestran dos velocidades límites en las tablas de rodamientos: una para lubricación con grasa y la otra para lubricación con aceite. El límite de velocidad (también conocido como límite "térmico" de velocidad) está directamente relacionado con la generación de calor dentro del rodamiento y la habilidad del mismo para disipar dicho calor. Se presentan áreas de contacto deslizante en las cuales la fricción genera calor. En rodamientos radiales de bolas, este deslizamiento se observa entre los elementos rodantes y la jaula. Si por alguna razón, el rodamiento de bolas es del tipo sellado, el roce del sello con el anillo del rodamiento también genera calor y el límite de velocidad se reduce consecuentemente. Para los rodamientos de rodillos, hay contacto deslizante adicional entre los elementos rodantes y los bordes de guiado de los mismos. *La velocidad límite es aquella a la cual, bajo carga normal, el rodamiento generará tanto calor como el que puede disipar. En otras palabras, existe un "balance térmico" y el rodamiento sobrevivirá. Cuando se excede el límite de velocidad, el calor se genera más rápido de lo que se disipa y la acumulación de calor produce falla del rodamiento.*

El límite de velocidad de un rodamiento se modifica o se ve afectado por los siguientes factores:

- Tipo de rodamiento, de bolas o de rodillos
- Tipo de jaula
- Lubricación
- Tipos de protección (sellos)
- Magnitud de las cargas
- Diseño interno
- Nivel de precisión del rodamiento, del eje y del alojamiento
- Método de montaje

Los límites de velocidad publicados por NTN para sus rodamientos, se basan en los siguientes parámetros:

- Tipo de contacto del elemento rodante
- Jaula prensada de acero para rodamientos de bolas, jaula maquinada en el caso de rodamientos de rodillos
- Condiciones ideales de lubricación
- Calor generado por el tipo de sello (ejemplo: de contacto: LU o tipo no contacto: LB or Z)
- Cargas nominales, por ejemplo:  $Pr \leq 0.09C_r$  y  $Fa/Fr \leq 0.3$
- Alguna consideración por diseño interno especial (ejemplo: contacto con pestañas o bordes guías)
- Clases estándares de precisión (ejemplo: ABEC-1, P0, etc.) y ajustes
- Procedimientos estándares de montaje e instalación



### TOLERANCIAS Y PRECISIÓN

La precisión de los rodamientos hace referencia a tres aspectos: precisión dimensional de la geometría externa, precisión del maquinado y precisión operativa o rotacional.

**Precisión Dimensional** es una medida del error en las dimensiones externas del rodamiento, por ejemplo, diámetro interior (d), diámetro externo (D), ancho del anillo interior (B) y ancho del anillo exterior (C). La diferencia entre la dimensión real y la dimensión nominal se denomina desviación o error dimensional. Las medidas consideradas usualmente son la desviación del diámetro interior medio de un solo plano y la correspondiente para el diámetro exterior ( $\Delta d_{mp}$  y  $\Delta D_{mp}$ ), y las desviaciones del ancho para el anillo interior y para el anillo exterior ( $\Delta B_s$  y  $\Delta C_s$ ). Todas éstas son regidas por tolerancias estandarizadas. La precisión dimensional es importante al momento de definir los ajustes contra el eje y contra el alojamiento.

**Tolerancia:** son los límites permisibles para el error (mínimo y máximo) en las dimensiones generales del rodamiento.

**Precisión de Maquinado** mide la variación en las dimensiones arriba indicadas cuando una serie de medidas son tomadas en un sólo rodamiento y comparadas con las de otro. Las medidas más comunes son variación del plano singular del diámetro interior y del diámetro exterior ( $V_{di}$  and  $V_{de}$ ), variación promedio del plano singular del diámetro interior y del diámetro exterior ( $V_{dmp}$  and  $V_{Dmp}$ ), y variación del ancho del anillo interior y del anillo exterior ( $V_{Bs}$  and  $V_{Cs}$ ). La variación se refiere a la diferencia entre la mayor y la menor medida en una serie, mientras que la variación promedio se refiere a la diferencia promedio entre medidas consecutivas. La precisión de maquinado refleja la precisión con que se desarrolla el proceso de manufactura y es una consideración importante cuando se recomiendan ciertas tolerancias para un eje y/o un alojamiento.

### CLASES DE TOLERANCIAS ISO/AFBMA/JIS

Los límites permisibles para el error o las desviaciones para las tres áreas correspondientes a la precisión de los rodamientos, han sido internacionalmente estandarizados como clases de tolerancias. Cada clase de tolerancia especifica un grupo de límites de error para todas las medidas relacionadas con la precisión (varían en proporción al tamaño del rodamiento). Para los estándares ISO, JIS y DIN, los rodamientos de precisión normal son clasificados como Clase 0, y el nivel de precisión incrementa a medida que disminuye el índice de la clase de precisión. Los estándares más reconocidos son comparados en la tabla debajo (nótese que cada columna representa un set de clases equivalentes).

| Norma      | Clase de Tolerancia |         |         |         |         | Tipo de Rodamiento   |
|------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| JIS B 1514 | Clase 0<br>Clase 6x | Clase 6 | Clase 5 | Clase 4 | Clase 2 | Todos los tipos      |
| ISO 492    | Clase Normal<br>6x  | Clase 6 | Clase 5 | Clase 4 | Clase 2 | Rodamientos Radiales |

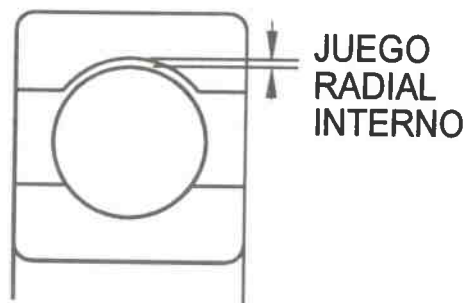
|         |              |         |         |         |          |                                                           |
|---------|--------------|---------|---------|---------|----------|-----------------------------------------------------------|
| ISO 199 | Clase Normal | Clase 6 | Clase 5 | Clase 4 | —        | Rodamientos Axiales de Bolas                              |
| ISO 578 | Clase 4      |         | Clase 3 | Clase 0 | Clase 00 | Rodamientos de Rodillos Cónicos (Dimensiones en Pulgadas) |

|                       |                  |                  |                  |        |        |                                                       |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|--------|--------|-------------------------------------------------------|
| DIN 620               | P0               | P6               | P5               | P4     | P2     | Todos los tipos                                       |
| ANSI<br>AFBMA Std. 20 | ABEC-1<br>RBEC-1 | ABEC-3<br>RBEC-3 | ABEC-5<br>RBEC-5 | ABEC-7 | ABEC-9 | Rodamientos Radiales<br>(Excepto de Rodillos Cónicos) |

### JUEGO RADIAL INTERNO

**Definición:** El juego radial interno es la distancia total que un anillo puede ser desplazado con respecto a otro en la dirección radial. (El juego axial se define de la misma manera, pero en la dirección axial.)

**Importancia:** Cuando el rodamiento está en operación, el juego interno va a influir en la duración a la fatiga, la vibración y el ruido, además de influir en la cantidad de calor generado. De igual manera afecta el arco de la zona de carga. (La zona de carga es aquella porción del rodamiento que soporta en realidad la carga.) Por lo tanto, la selección del juego interno adecuado es muy importante.



**Cantidad:** Idealmente, un rodamiento debe tener un juego interno nulo (cero) durante su operación. En esta situación, la zona de carga sería 180° y la carga estaría siendo soportada por el máximo número posible de elementos rodantes. En la práctica, el juego interno debe ser un mínimo positivo, es decir, apenas mayor que cero (en la mayoría de los casos). Un juego interno positivo proporcionará una zona de carga menos amplia, usualmente tendrá un valor promedio de 120° a 150° de arco (Ver Sección de Prácticas de Ajuste).

**Juego Inicial:** Los fabricantes de rodamientos (junto con las organizaciones de estandarización como ISO) han definido un rango de juegos admisibles para cada tipo y tamaño de rodamiento, el cual es adecuado para la mayoría de las condiciones de operación. Dicho juego se conoce como *juego normal* y no se indica mediante ningún sufijo en la numeración del rodamiento.

En algunas aplicaciones, el juego debe mantenerse al mínimo o eliminarse por completo. Aquí el juego inicial es menor que el normal y usualmente se designa como C2 o C1, siendo el último menor que C2.

En otras aplicaciones, los rodamientos tienen que trabajar bajo condiciones más severas, como por ejemplo cargas muy pesadas, alta velocidad y/o sometidos a ajustes con alta interferencia. En estos casos debe seleccionarse, un juego inicial mayor que el normal. El juego inmediatamente mayor que el normal se designa como C3. El juego C4 es mayor que el C3 y el C5 es mayor que el C4. ISO también normaliza y regula estos juegos mayores que el normal.

Debido a que los rangos de juego estandarizados por ISO son relativamente amplios, NTN puede ofrecer rangos de juegos especiales más reducidos. Los mismos se designan con el sufijo CSnn, donde nn indica el juego deseado (u objetivo) en micrones. (Ejemplo: 6203CS15, juego interno promedio o tendiente a 15 micrones).

**Efecto del Ajuste:** Cuando cualquiera de los anillos de un rodamiento se ajusta contra la superficie correspondiente del elemento adjunto (eje o alojamiento), la deformación resultante de los anillos causa una reducción en el juego del rodamiento.



El valor de la reducción en el juego depende del nivel de interferencia entre el rodamiento y el eje o entre el rodamiento y el alojamiento (ver sección de Prácticas de Ajuste). También depende del tamaño y tipo de rodamiento, así como del método de montaje. En términos generales, la reducción del juego interno es de aproximadamente un 80 % de la interferencia existente. El juego residual (después de montado) será por ende el juego inicial menos la reducción del juego producida por el ajuste.

Aunque se puede medir el juego interno después de montado el rodamiento, este procedimiento resulta poco práctico para la gran mayoría de los diferentes tipos de rodamientos. La selección y utilización de ajustes apropiados para los ejes y los alojamientos, asegura un juego apropiado después de haber sido montado el rodamiento. No obstante, es muy importante medir el juego residual (al final del montaje) en los rodamientos de doble hilera de rodillos esféricos, cuando estos sean instalados en ejes cónicos o mediante la utilización de manguitos.

**Efecto de la Diferencia de Temperaturas:** un rodamiento en movimiento produce calor debido a esfuerzos en el material, por la fricción debido al contacto rodante y al contacto deslizante, a causa de esfuerzos de corte en el lubricante y también por el rozamiento que pueda haber en los sellos tipo contacto.

El alojamiento de los rodamientos usualmente está inmóvil, y por eso tiene mayor potencial para la transferencia de calor (disipación de calor) desde el anillo exterior del rodamiento. Como resultado de esto, usualmente la temperatura del anillo interior y los elementos rodantes es mayor, en 5 a 10° C, que la temperatura del anillo exterior.

Esto produce grandes expansiones del anillo interno y la correspondiente reducción del juego interno del rodamiento. Si el eje llega a calentarse (como por ejemplo en ventiladores de aire caliente o algunas bombas en ciertos procesos), o si el alojamiento trabaja con refrigeración, la diferencia de temperatura será aún mayor.

*La selección del juego interno inicial apropiado debe tomar en consideración todos los factores antes señalados. Asumiendo que se haya considerado todo esto, nunca es aconsejable reemplazar un rodamiento de un juego interno cualquiera por otro con un juego interno menor. Si el juego interno deseado no está disponible, se sugiere utilizar un rodamiento con juego interno de un grado de clasificación mayor. (Ejemplo: si se requiere juego normal, entonces reemplazar por C3; si se requiere C3, entonces reemplazar por C4; etc.)*

### **AJUSTES CONTRA EL EJE Y EL ALOJAMIENTO**

El ajuste de un rodamiento puede definirse como la holgura o la interferencia entre las superficies del anillo interno o externo y la superficie del eje o el alojamiento respectivamente. El propósito de un ajuste apropiado es controlar el movimiento entre las superficies apareadas (rodamiento, eje, alojamiento) durante la operación del sistema. Una consecuencia de la selección del ajuste es el juego radial interno resultante y la facilidad de ensamblaje del rodamiento.

Existen tres tipos de ajustes resultantes en forma general:

- Ajuste en Aprieto (o "interferencia").
- Ajuste Holgado (o "deslizante").
- Ajuste de Transición (puede ser apretado u holgado).

### PRINCIPIOS GENERALES

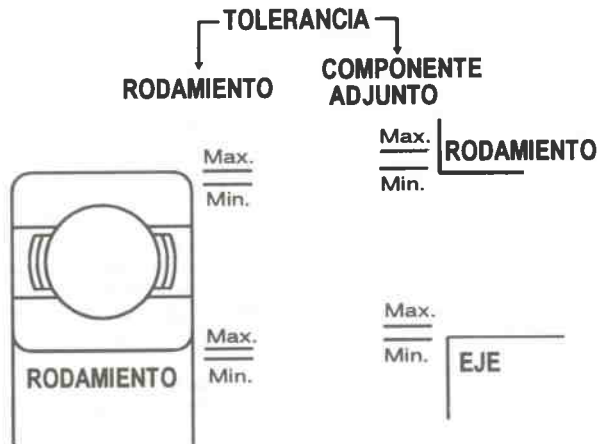
- En la gran mayoría (más no en todas!!!) las aplicaciones, el anillo que gira se monta con ajuste en interferencia. Ver los diagramas debajo.
- Mientras más grande es el rodamiento, más apretado es el ajuste.
- Los rodamientos de rodillos se montan con ajustes más fuertes que los de bolas.

| Rotación del rodamiento y carga                                                             | Ilustración                                                                                                | Carga en el Anillo              | Ajuste                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Anillo Interior: Rotativo<br>Anillo Exterior Inmóvil<br>Carga: De Dirección Constante       | <br>Carga Estática        | Rotativa al Anillo Interior     | Anillo Interior: Ajuste Apretado |
| Anillo Interior: Inmóvil<br>Anillo Exterior: Rotativo<br>Carga: Rota con el Anillo Exterior | <br>Carga Desbalanceada   | Estacionaria al Anillo Exterior | Anillo Exterior: Ajuste Holgado  |
| Anillo Interior: Inmóvil<br>Anillo Exterior: Rotativo<br>Carga: De Dirección Constante      | <br>Carga Estática      | Estacionaria al Anillo Interior | Anillo Interior: Ajuste Holgado  |
| Anillo Interior: Rotativo<br>Anillo Exterior: Inmóvil<br>Carga: Rota con el Anillo Interior | <br>Carga Desbalanceada | Rotativa al Anillo Exterior     | Anillo Exterior: Ajuste Apretado |

*Típicamente, en aplicaciones en las cuales rota el anillo interior, el eje tiene un ajuste en interferencia y el alojamiento tiene ajuste holgado. Esto permite al instalador presionar el rodamiento para montarlo en el eje y luego ensamblar con facilidad todo el conjunto eje-rodamiento en el alojamiento. En aplicaciones en las que rota el anillo exterior, hay que hacer las cosas a la inversa de lo antes recomendado.*

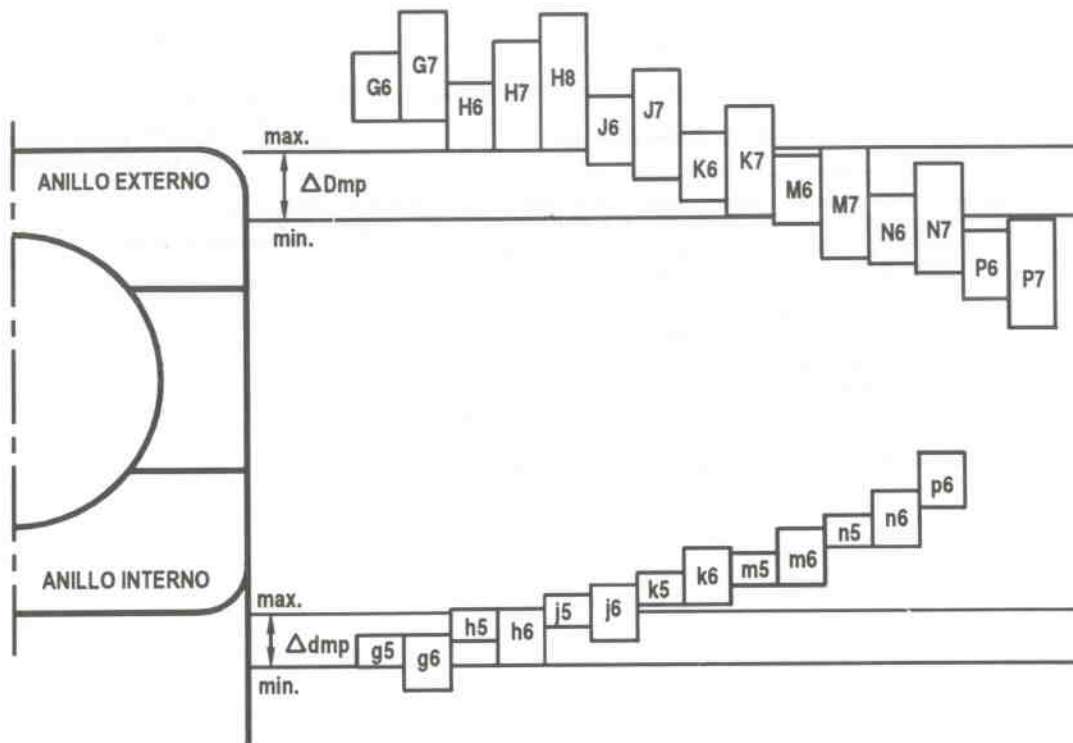
### DESIGNACIONES ISO

El propósito de tener ajustes según designaciones ISO es proporcionar un sistema universal para la industria. En otras palabras, el diseñador puede asegurarse de que obtendrá el ajuste requerido entre las partes inter-relacionadas sin necesidad de especificar un ajuste particularmente definido para cada situación. Adicionalmente, las designaciones ISO le indican al técnico que machine las piezas en el rango de diámetros admisibles para los ejes y los alojamientos.



Las medidas de los rodamientos, los ejes y los alojamientos, todas tienen una tolerancia asociada y el rango de ajustes resultante es una combinación de dichas tolerancias. Esto se ilustra en el dibujo adjunto.

Los diámetros reales de los rodamientos, ejes y alojamientos determinan finalmente el ajuste.



Los ajustes se nombran mediante una letra seguida de un número. Las letras minúsculas se refieren a ajustes eje-rodamiento (ejemplo: h8, p7), mientras que las letras en mayúscula nos indican los ajustes contra los alojamientos.

### Guías Para los Ajustes Contra el Eje

Ajustes para ejes comúnmente utilizados con rodamientos radiales (Clases 0, 6X y 6)

| Condiciones                                                                                |                                                         | Rodamientos de bolas       |           | Rodamientos cilíndricos<br>Rodamientos cónicos |           | Rodamientos de rodillos esféricos |           | Tipo de ajuste del eje                                           | Observaciones                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                            |                                                         | Diámetro del eje (mm)      |           |                                                |           |                                   |           |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                            |                                                         | Más de                     | Debajo de | Más de                                         | Debajo de | Más de                            | Debajo de |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Rodamientos con diámetro interior cilíndrico (Clases 0, 6X y 6)                            |                                                         |                            |           |                                                |           |                                   |           |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Carga rotativa del anillo interior o carga de dirección indeterminada                      | Carga liviana o fluctuante                              | —                          | 18        | —                                              | —         | —                                 | —         | h5                                                               | Cuando se requiera mayor precisión, los ajustes js 5, k5 y m5 pueden ser sustituidos por js6, k6 y m6                                                                                                                           |
|                                                                                            |                                                         | 18                         | 100       | —                                              | 40        | —                                 | —         | js6                                                              |                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                            |                                                         | 100                        | 200       | 40                                             | 140       | —                                 | —         | k6                                                               |                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                            | Carga normal                                            | —                          | —         | 140                                            | 200       | —                                 | —         | m6                                                               | Alteraciones de los juegos interiores para acomodar los ajustes, no son consideradas con rodamientos de una hilera de bolas a contacto angular ni de rodillos cónicos, por lo tanto, k5 y m5 pueden ser sustituidos por k6 y m6 |
| —                                                                                          |                                                         | 18                         | —         | —                                              | —         | —                                 | js5       |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 18                                                                                         |                                                         | 100                        | —         | 40                                             | —         | 40                                | k5        |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 100                                                                                        |                                                         | 140                        | 40        | 100                                            | 40        | 65                                | m5        |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 140                                                                                        |                                                         | 200                        | 100       | 140                                            | 65        | 100                               | m6        |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| 200                                                                                        |                                                         | 280                        | 140       | 200                                            | 100       | 140                               | n6        |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Carga pesada o de impacto                                                                  | —                                                       | —                          | 200       | 400                                            | 140       | 280                               | p6        | Deben usarse rodamientos con juego interno mayor del normal (CN) |                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                            | —                                                       | —                          | —         | —                                              | 280       | 500                               | r6        |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                            | —                                                       | —                          | —         | —                                              | —         | —                                 | —         |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Carga estacionaria del anillo interior                                                     | Se requiere desplazamiento axial del anillo interior    | Todos los diámetros de eje |           |                                                |           |                                   |           | g6                                                               | Cuando se requiere mayor precisión, debe usarse g5. Para rodamientos grandes, f6 bastará para facilitar el movimiento.                                                                                                          |
|                                                                                            | No se requiere desplazamiento axial del anillo interior | Todos los diámetros de eje |           |                                                |           |                                   |           | h6                                                               | Cuando se requiera mayor precisión, debe usarse h5.                                                                                                                                                                             |
| Carga axial centrada                                                                       |                                                         | Todos los diámetros de eje |           |                                                |           |                                   |           | js6                                                              | Generalmente, los anillos interiores y los ejes, no se ajustan con interferencia.                                                                                                                                               |
| Rodamientos con diámetro interior cónico (clase 0)(con manguitos de fijación / desmontaje) |                                                         |                            |           |                                                |           |                                   |           |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Todas las cargas                                                                           |                                                         | Todos los diámetros de eje |           |                                                |           |                                   |           | h9/IT5 <sup>②</sup>                                              | h10/IT7 <sup>②</sup> bastará para ejes transmisores de potencia.                                                                                                                                                                |

Tabla 7.2 (2) Ajuste para ejes (rodamientos de diámetro interno cónico Clase 0 con manguitos de montaje / desmontaje)

| Todas las cargas | Todas los tipos de rodamientos | Todas los diámetros de eje | Tipo de ajuste | h9 / IT5 <sup>②</sup>  | Aplicaciones generales    |
|------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|---------------------------|
|                  |                                |                            |                | h10 / IT7 <sup>②</sup> | Ejes de transmisión, etc. |

① Clasificación de las cargas livianas, normales y pesadas

- Cargas livianas: carga radial equivalente ( $P_r$ )  $\leq 0.06 C_r$
- Cargas normales:  $0.06 C_r < \text{carga radial equivalente } (P_r) \leq 0.12 C_r$
- Cargas pesadas:  $0.12 C_r < \text{carga radial equivalente } (P_r)$

② Los valores de IT5 e IT7 indican las tolerancias en la redondez, cilíndricidad y valores relacionados.

Nota: Todos los valores y ajustes listados en las tablas arriba, son para ejes sólidos de acero.



### Guías Para los Ajustes Contra el Alojamiento

Tipos de ajuste para diámetros internos de alojamientos comúnmente usados para rodamientos radiales (Clases 0, 6X y 6)

| Alojamiento                  | Condiciones                            |                                                                  | Tipo de ajuste del alojamiento | Observaciones                                                                                                                  |
|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | Tipos de carga                         | Desplazamiento ② axial del anillo exterior                       |                                |                                                                                                                                |
| Alojamiento sólido o partido | Carga estacionaria del anillo exterior | Todos los tipos de cargas                                        | H7                             | G7 bastará para grandes rodamientos o rodamiento con gran diferencia de temperatura entre el anillo exterior y el alojamiento. |
|                              |                                        | Carga liviana <sup>①</sup> o normal <sup>①</sup>                 | H8                             | —                                                                                                                              |
|                              |                                        | Calentamiento del eje y del anillo interior                      | G7                             | F7 bastará para rodamiento grandes o rodamientos con gran diferencia de temperatura entre el anillo exterior y el alojamiento. |
|                              |                                        | Se requiere precisión de rotación con cargas livianas o normales | K6                             | Aplica principalmente para rodamientos de rodillos.                                                                            |
|                              |                                        | Se requiere una operación estable                                | JS6                            | Aplica principalmente para rodamientos de bolas.                                                                               |
| Alojamiento sólido           | Carga de dirección indeterminada       | Carga liviana o normal                                           | H6                             | —                                                                                                                              |
|                              |                                        | Carga normal o pesada <sup>①</sup>                               | JS7                            | Si se requiere precisión JS6 y K6 deben utilizarse en lugar de JS7 y K7.                                                       |
|                              |                                        | Grandes cargas de impacto                                        | K7                             | —                                                                                                                              |
|                              | Carga rotatoria del anillo exterior    | Carga liviana o fluctuante                                       | M7                             | —                                                                                                                              |
|                              |                                        | Carga normal o pesada                                            | M7                             | —                                                                                                                              |
|                              |                                        | Carga pesada o grandes cargas de impacto con alojamiento delgado | N7                             | Aplica principalmente para rodamientos de bolas.                                                                               |
|                              |                                        | No puede moverse                                                 | P7                             | Aplica principalmente para rodamientos de rodillos.                                                                            |

① Clasificación de las cargas livianas, normales y pesadas

- Cargas livianas: Carga radial equivalente ( $P_r$ )  $\leq 0.06 C_r$
- Cargas normales:  $0.06 C_r < \text{Carga radial equivalente } (P_r) \leq 0.12 C_r$
- Cargas pesadas:  $0.12 C_r < \text{Carga radial equivalente } (P_r)$

② Indica si hay o no posibilidad de desplazamiento axial con un rodamiento del tipo no separable.

Nota 1: Todos los valores y ajustes listados en las tablas arriba son para alojamientos de hierro fundido o de acero.

2: Si la carga aplicada al rodamiento es solamente carga axial centrada, seleccione un grado de ajuste que permita juego del anillo exterior en la dirección axial.

### Ajustes para Rodamientos de Motores Eléctricos

| Tipo de Rodamiento                  | Ajustes contra el eje |            | Ajuste contra el alojamiento |            |
|-------------------------------------|-----------------------|------------|------------------------------|------------|
|                                     | Diámetro de eje mm    | Tolerancia | Diámetro de Alojamiento      | Tolerancia |
| Rodamientos rígidos de bola         | ~ 18                  | j5         | Todos los tamaños            | H6         |
|                                     | 18 ~100               | k5         |                              | or         |
|                                     | 100 ~160              | m5         |                              | J6         |
| Rodamientos de rodillos cilíndricos | ~ 40                  | k5         | Todos los tamaños            | H6         |
|                                     | 40 ~160               | m5         |                              | or         |
|                                     | 160 ~200              | n6         |                              | J6         |

Para todos los rodamientos con diámetro interno cilíndrico, los cuales se montan contra ejes y alojamientos directamente, las tolerancias de forma (desviaciones permitidas en la circularidad y la cilindridad) son:

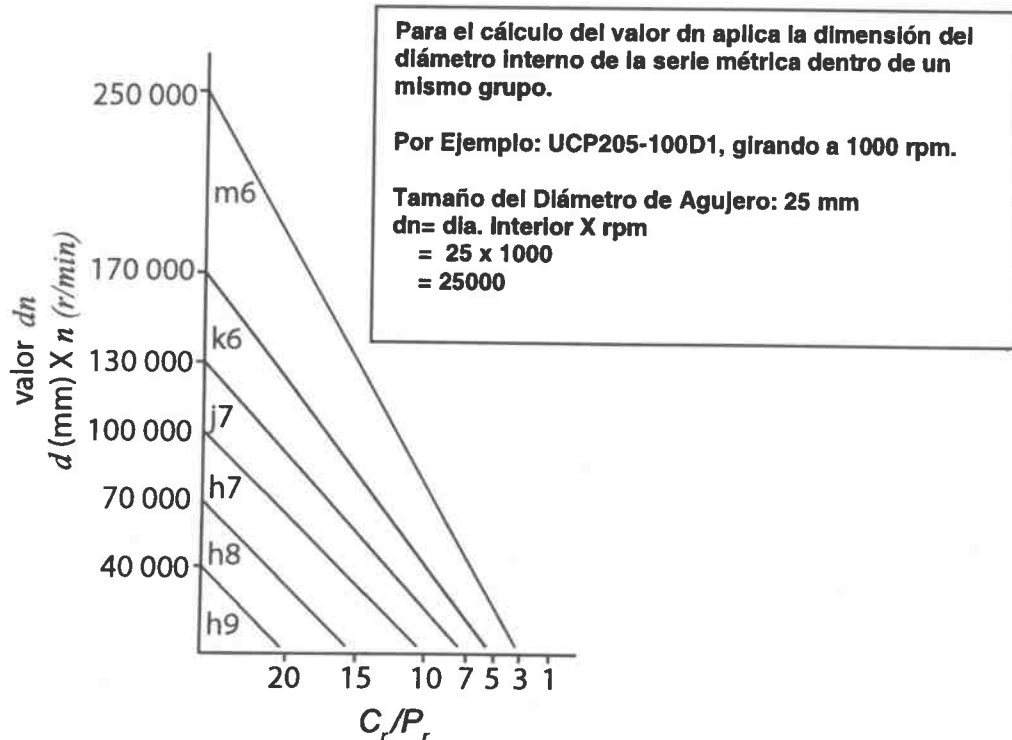
IT3 Para ejes

IT4 Para alojamientos

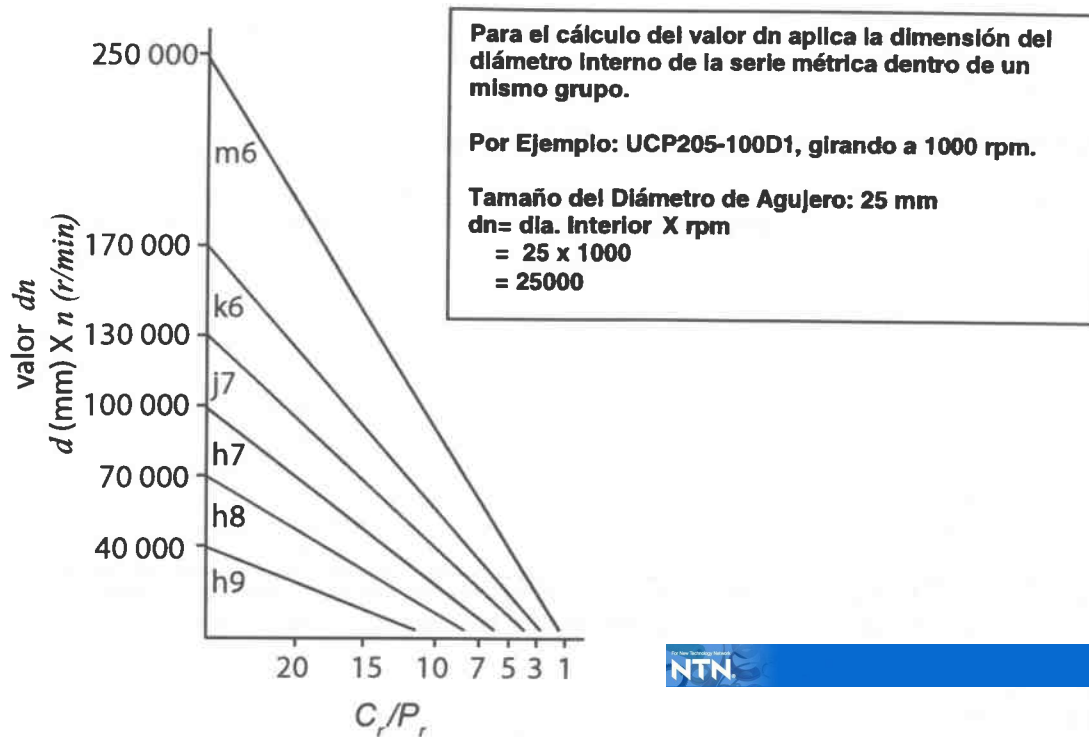
Los valores de dichas tolerancias se encuentran tabulados en la sección de anexos (Apéndice) del presente folleto.

### Ajustes Para Chumaceras

#### Chumaceras con Prisioneros



#### Chumaceras con Collar Excéntrico de Fijación



### Ejemplo de Cálculo de Ajustes

Defina los ajustes recomendados para el eje y el alojamiento de un motor eléctrico que utiliza un rodamiento 6213ZZC3/2A (65mm x120mmx23mm).

#### Rodamiento 6213

| Dimensiones Generales | Tolerancias del Rodamiento (*) | Máximo     | Mínimo     |
|-----------------------|--------------------------------|------------|------------|
| D.I. = 65 mm          | +0.000 a -0.015 mm             | 65.000 mm  | 64.985 mm  |
| D.O. = 120 mm         | +0.000 a -0.015 mm             | 120.000 mm | 119.985 mm |

(\*) Se obtienen de las tablas de los catálogos (apéndice).

De las tablas de ajustes para rodamientos de motores eléctricos, los ajustes recomendados son los siguientes:

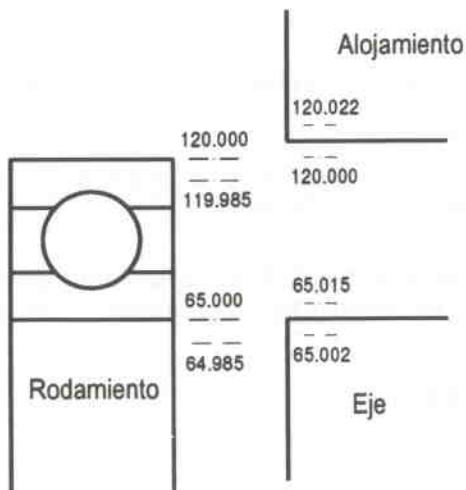
| Ajustes Recomendados | Tolerancia de los Componentes (*) | Máximo     | Mínimo     |
|----------------------|-----------------------------------|------------|------------|
| Eje: k5              | +0.015 a +0.002 mm                | 65.015 mm  | 65.002 mm  |
| Alojamiento: H6      | +0.022 a +0.000 mm                | 120.022 mm | 120.000 mm |

(\*) De las tablas de tolerancias de ISO (apéndice)

#### Ajustes Resultantes

|             | Ajuste Resultante                                  |
|-------------|----------------------------------------------------|
| Eje         | 0.002 mm (0.0001") a 0.030 mm (0.0012") en aprieto |
| Alojamiento | 0.000 mm (0.0000") a 0.037 mm (0.0015") en holgura |

#### Esquema



NTN

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**NTN sudamericana S.A.**

[www.ntsudamericana.com](http://www.ntsudamericana.com)

### Ejemplo de Cálculo de Ajustes y Verificación de Tolerancias de Forma

Calcule las tolerancias para el eje y el alojamiento de una criba vibratoria, la cual emplea el rodamiento 22332BL1D1C4. Se especifica como ajustes requeridos h6 (contra el eje) y P7 (contra el alojamiento).

#### Rodamiento 22332BL1C4

| Dimensiones Generales  | Tolerancias del Rodamiento (*) | Máximo     | Mínimo     |
|------------------------|--------------------------------|------------|------------|
| Dia. Interior = 160 mm | 0.000 mm a -0.025 mm           | 160.000 mm | 159.975 mm |
| Dia. Externo = 340 mm  | 0.000 mm a -0.040 mm           | 340.000 mm | 339.960 mm |

(\*) Se obtienen de las tablas de tolerancias de los catálogos (ver apéndice de este folleto)

#### Análisis del Ajuste contra el Eje (Especificación h6)

Del apéndice, en la tabla de tolerancias para ejes, puede obtenerse los valores correspondientes.

Para un eje de 160 mm nominales, las tolerancias para lograr el ajuste h6 son:

Alta: 0.000 mm  
Baja: -0.025 mm

| Diámetro Nominal Eje | Tolerancias del Eje | Diámetro Límite de Eje       |
|----------------------|---------------------|------------------------------|
| 160 mm               | Alta = 0.000 mm     | Diámetro Máximo = 160.000 mm |
| 160 mm               | Baja = -0.025 mm    | Diámetro Mínimo = 159.975 mm |

Basados en las tolerancias antes indicadas, podemos evaluar los límites en el ajuste contra el eje.

**Primer Caso: El rodamiento tiene su mínimo diámetro interno permitido y el eje tiene su máximo diámetro permitido.**

| Dia. Int. del Rodto. | Dia. Eje   | Diferencia de Medidas  | Magnitud del Ajuste   |
|----------------------|------------|------------------------|-----------------------|
| 159.975 mm           | 160.000 mm | 160.000mm - 159.975 mm | 0.025 mm = 25 $\mu$ m |

En los resultados anteriores, puede verse que el eje es más grande, por ende el rodamiento entra apretado y el ajuste es de interferencia. Obteniéndose así un ajuste de **25  $\mu$ m T**. (La "T" indica "tight" o apretado).

**Segundo Caso: El rodamiento tiene su máximo diámetro interno permitido y el eje tiene su mínimo diámetro permitido.**

| Dia. Int. del Rodto. | Dia. Eje   | Diferencia de Medidas  | Magnitud del Ajuste   |
|----------------------|------------|------------------------|-----------------------|
| 160.000 mm           | 159.975 mm | 160.000mm - 159.975 mm | 0.025 mm = 25 $\mu$ m |

En los resultados anteriores puede verse que el rodamiento es más grande, por lo tanto el rodamiento entra fácil y el ajuste es de holgura. Obteniéndose así un ajuste de **25  $\mu$ m L**. (La "L" indica "loose" u holgado).

**Ajustes Resultantes: 25  $\mu$ m T - 25  $\mu$ m L**



### Análisis del Ajuste contra el Alojamiento (Especificación P7)

Del apéndice, en la tabla de tolerancias para alojamientos, puede obtenerse los valores correspondientes.

Para un alojamiento de 340 mm nominales, las tolerancias para lograr el ajuste P7 son:

Alta: -0.041 mm

Baja: -0.098 mm

| Diámetro Nominal Alojamiento | Tolerancias del Alojamiento | Diámetro Límite del Alojamiento |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 340 mm                       | Alta = -0.041 mm            | Diámetro Máximo = 339.959 mm    |
| 340 mm                       | Baja = -0.098 mm            | Diámetro Mínimo = 339.902 mm    |

Basados en las tolerancias antes indicadas, podemos evaluar los límites en el ajuste contra el alojamiento.

**Primer Caso: El rodamiento tiene su mínimo diámetro externo permitido y el alojamiento tiene su máximo diámetro permitido.**

| Dia. Ext. del Rodto. | Dia. Alojam. | Diferencia de Medidas   | Magnitud del Ajuste |
|----------------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| 339.960 mm           | 339.959 mm   | 339.960 mm – 339.959 mm | 0.001 mm = 1 µm     |

En los resultados anteriores, puede verse que el rodamiento es más grande, por ende el rodamiento entra apretado y el ajuste es de interferencia. Obteniéndose así un ajuste de 1 µm T. (La "T" indica "tight" o apretado).

**Segundo Caso: El rodamiento tiene su máximo diámetro externo permitido y el alojamiento tiene su mínimo diámetro permitido.**

| Dia. Ext. del Rodto. | Dia. Alojam. | Diferencia de Medidas   | Magnitud del Ajuste |
|----------------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| 340.000 mm           | 339.902 mm   | 340.000 mm – 339.902 mm | 0.098 mm = 98 µm    |

En los resultados anteriores puede verse que el rodamiento es más grande, por lo tanto el rodamiento entra apretado y el ajuste es de interferencia. Obteniéndose así un ajuste de 98 µm T. (La "T" indica "tight" o apretado).

**Ajustes Resultantes: 98 µm T - 1 µm T**

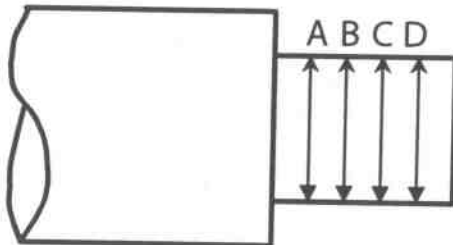


### ANÁLISIS DE LAS TOLERANCIAS DE FORMA

#### ANÁLISIS DEL EJE

Para este caso, del apéndice puede leerse en la tabla de tolerancias IT, que IT3 para un diámetro de 160 mm es:  $8\mu\text{m}$

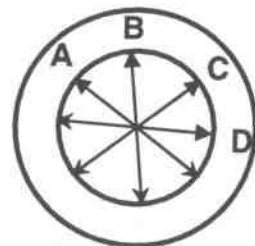
Se deben tomar al menos  
4 medidas en esta forma



#### CILINDRICIDAD

Asumiendo que la medida A sea la más grande, y la medida C la más pequeña; debe cumplirse que:  $|A-C| \leq 8\mu\text{m}$ . Esto garantiza la cilindridad del eje.

Se deben tomar también  
4 medidas en esta forma

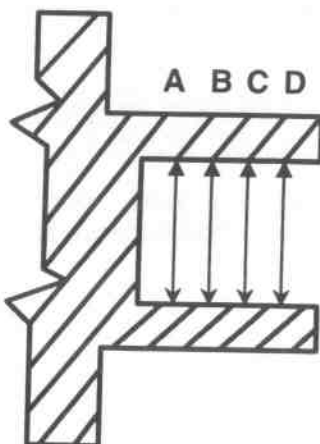


#### CIRCULARIDAD

Asumiendo que la medida B sea la más grande, y la medida C la más pequeña; debe cumplirse que:  $|B-C| \leq 8\mu\text{m}$ . Esto garantiza la circularidad del eje.

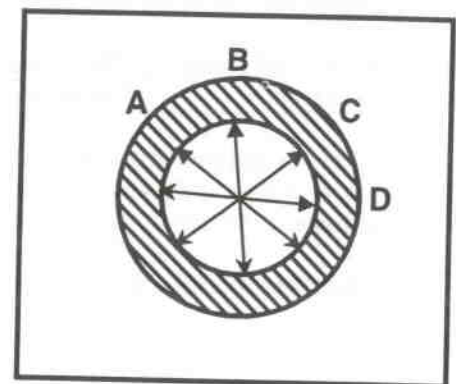
#### ANÁLISIS DEL ALOJAMIENTO

Para nuestro caso, puede leerse en la tabla de tolerancias IT del apéndice que, IT4 para un día de 340 mm es:  $18\mu\text{m}$



#### CILINDRICIDAD

Igual que para el eje, se toman 4 medidas en esta forma. Asumiendo que la medida A sea la más grande y la medida C, la más pequeña; debe tenerse que:  $|A-C| \leq 18\mu\text{m}$ . Así garantizamos la cilindridad del alojamiento.



#### CIRCULARIDAD

Para la circularidad, se toman 4 medidas en la forma indicada en el gráfico de arriba. Si asumimos que la medida D es la más grande, y la medida A es la menor; debemos asegurarnos que:  $|D-A| \leq 18\mu\text{m}$ . De esta forma garantizamos la circularidad del alojamiento.

Nota: para mayor información referente a la evaluación de estas tolerancias de forma, por favor consulte al Departamento de Ingeniería de NTN.

### MONTAJE DE LOS RODAMIENTOS

#### MONTAJE DE LOS RODAMIENTOS CON DIÁMETRO INTERNO CILÍNDRICO

En la gran mayoría de aplicaciones, el anillo interno tiene un ajuste en interferencia con el eje, mientras que el anillo externo, tiene un ajuste holgado con el alojamiento. (Vea la sección de ajustes.)

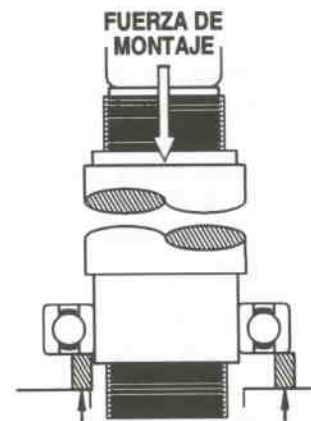
En el caso de los rodamientos separables (rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos de rodillos cilíndricos), el anillo interno y el anillo externo se montan por separado. Con los rodamientos no separables, el rodamiento completo se maneja como uno sólo.

Rodamientos de hasta 50 milímetros en el diámetro interno (2 pulgadas) pueden montarse contra el eje sin calentarse. Hay dos métodos básicos de montaje, ambos requieren el uso de la fuerza. Cuando se hacen de modo apropiado, son efectivos y seguros. No obstante, hay que tomar ciertas precauciones.

#### Método de Prensa

Este método es recomendado para rodamientos de diámetro pequeño en ejes. Se recomienda usar una prensa neumática o hidráulica de modo que se pueda observar la fuerza del montaje y de igual manera se detecten ensambles en aprieto u holgados.

Es importante asegurarse que el anillo donde se presenta un ajuste apretado, tenga un soporte. De otro modo, se produce un cruce de cargas en los rodamientos y pueden producirse identaciones en las pistas de rodadura. Este daño ocurrido antes de entrar en operación, no se detecta hasta que la máquina se encienda.

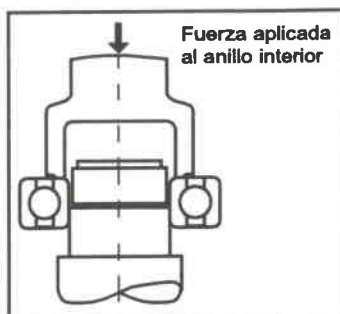


**¡CORRECTO!**

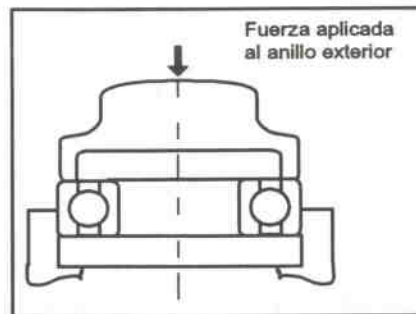
**DEBE SOPORTARSE EL ANILLO EN EL CUAL SE PRESENTA LA INTERFERENCIA**

**¡INCORRECTO!**

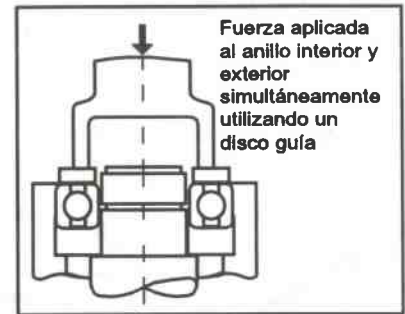
**CAUSA CARGAS CRUZADAS EN EL RODAMIENTO Y AUMENTA EL RIESGO DE DAÑOS EN EL MISMO**



**Montaje Contra el Eje**

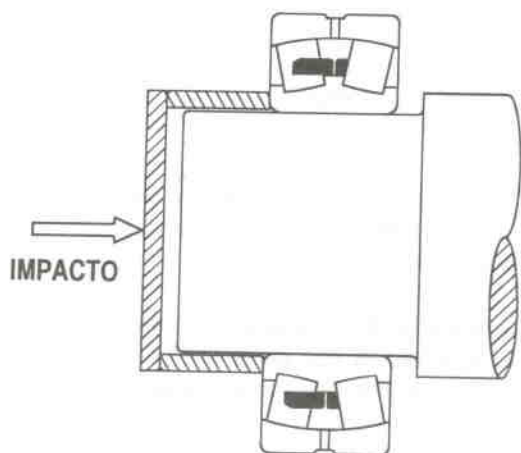


**Montaje Contra el Alojamiento**



**Montaje Contra Eje y Alojamiento Simultáneamente**

### Método de Impacto

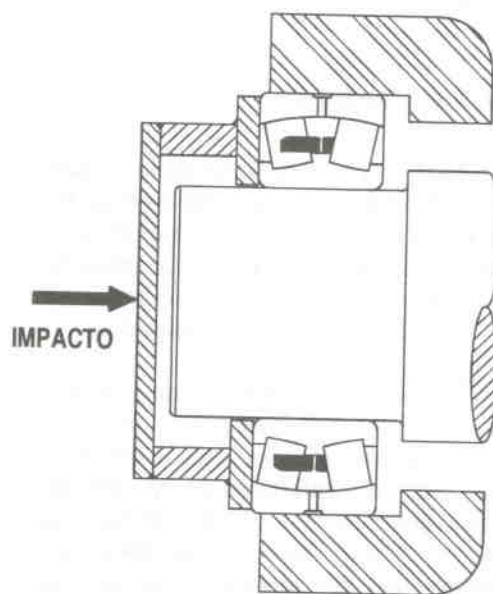


Este método es útil cuando se trata de montar rodapios grandes sin el uso de calor. Es importante que el tubo o casquillo de montaje esté a escuadra en el extremo donde se produce el contacto con el rodapios. Es igualmente importante el tamaño de tubo (D.I. y D.E.). El tubo debe estar en contacto con toda la sección del anillo y no solamente con el reborde.

A veces es necesario presionar simultáneamente el anillo interno y externo del rodapios para lograr un ajusté apropiado. Aunque esto es una operación crítica, puede ser realizada utilizando un accesorio como se muestra en la figura. Los mejores resultados se obtienen usando una prensa mecánica o hidráulica.

Es importante asegurarse que la placa que aplica presión al rodapios y el tubo estén a escuadra.

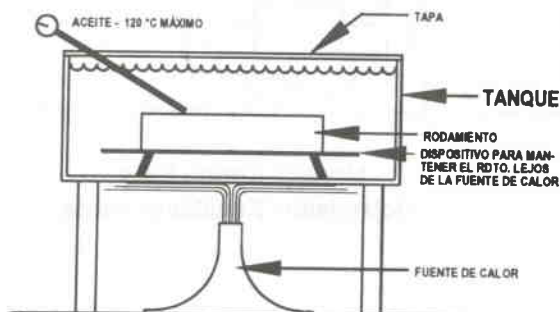
Para rodapios más grandes y ajustes muy apretados, el montaje del anillo interior sobre el eje puede ser facilitado mediante el calentamiento del anillo interno a una temperatura más alta que la del eje. La figura de la página 19 puede ser utilizada como una guía.



A veces es conveniente enfriar el eje con hielo seco. Sin embargo, esto producirá condensación por lo que se debe tener cuidado para prevenir la corrosión. Las piezas deben secarse siempre y luego cubrirlas con aceite antioxidante.

### Usando un baño de aceite u horno

Cualquiera de estos métodos es ideal para calentar un rodapios antes del montaje. Son más efectivos porque la temperatura puede ser controlada y el rodapios se calienta a fondo



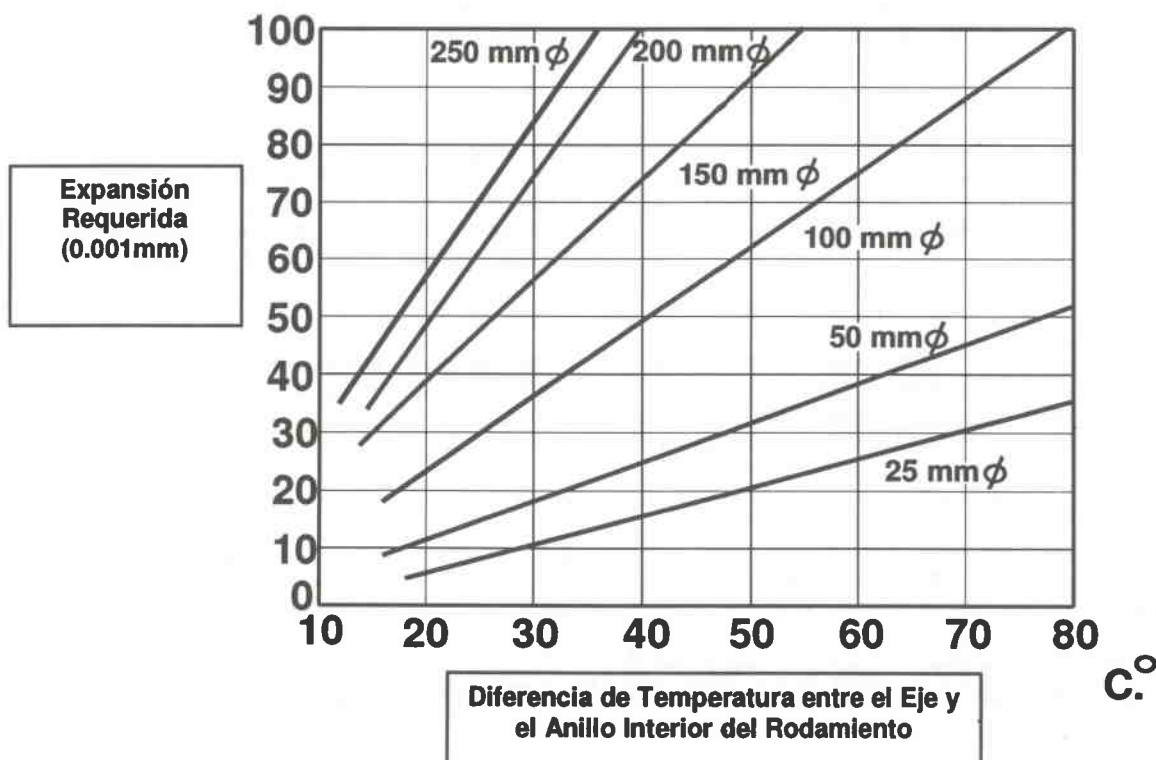
Un baño de aceite requiere ciertas precauciones debido a los peligros obvios. Éstas son:

- Usar un aceite de alto punto de inflamación.
- El tanque se debe cubrir para prevenir el ingreso de contaminación.
- El rodapios debe ser apoyado lejos de la fuente de calor directa.

- El aceite debe ser cambiado a intervalos de tiempos regulares para reducir al mínimo la contaminación.

Un horno es una buena alternativa a un baño de aceite porque la temperatura puede ser controlada exactamente. La ventaja es que no hay peligro del fuego o del derramamiento de aceite caliente.

**Nota: Nunca caliente un rodamiento a más de 120°C (250°F).**



### Usando un Calentador de Rodamientos

Los rodamientos de tamaño chico y mediano con ajustes en interferencia en los anillos internos, se montan comúnmente con la ayuda del calentador de rodamientos. El propósito del calentador de rodamientos es el de expandir lo suficiente el anillo interno para que el rodamiento pueda ser deslizado en el eje, hasta el hombro, sin el uso de fuerza. Si se usa un Tempstik® para medir la "elevación de temperatura" la marca debe colocarse en el anillo interno.

El calentador de rodamientos tiene muchas ventajas pero también puede destruir un rodamiento muy rápido. El siguiente cuadro describe cinco peligros inherentes y comunes con el calentador de rodamientos, como suelen pasar y maneras de evitarlos.

| Peligro                                                              | Explicación                                                                                                                                                     | Manera de Evitarlo                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. La indentación de las pistas de rodadura es causada por la rápida | El anillo interno se calienta y se expande mucho mas rápido que el anillo externo causando una perdida de holgura. En un caso severo los elementos rodantes son | El calentador de rodamiento debe tener un ciclo de sincronización. Es decir, el calentador es encendido por algunos segundos y después apagado por algunos segundos. Esto permite que el calor del anillo interno sea transferido al anillo externo a través |



|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| expansión térmica del anillo interno.                           | lanzados a la pista exterior, produciendo indentación.                                                                                                                                                                                        | de elementos rodantes, manteniéndose de este modo el espacio interno. El ciclo se repite hasta que el anillo interior alcanza la temperatura apropiada.                                                                                                           |
| 2. El rodamiento se magnetiza                                   | El calentador de rodamiento usa corrientes de Eddy y la resistencia del metal para producir calor en el anillo. Esto causa magnetismo en los anillos.                                                                                         | Algunos calentadores de rodamientos tienen un ciclo desmagnetizador (recomendado). Si el calentador no está bien equipado, el rodamiento puede ser efectivamente desmagnetizado pasándole varias veces entre los postes energizados.                              |
| 3. El rodamiento se recalienta                                  | Un calentador de rodamiento puede destruir rápidamente un rodamiento.                                                                                                                                                                         | No deje el calentador de rodamiento desatendido. Use sondas o una vara para medir la temperatura del anillo interior.                                                                                                                                             |
| 4. Anillo interno fijado al eje antes de colocar el rodamiento  | Tan pronto el anillo interno haga contacto al eje, comenzará a enfriarse. Se contraerá muy rápido hasta el punto en que se acoplará.                                                                                                          | El anillo debe ser calentado por completo hasta el centro, no sólo en la superficie. Deje el rodamiento en el calentador o en el baño de aceite lo suficiente para asegurarse de que el anillo este caliente por todos sus lados. Este consciente del peligro #1. |
| 5. Cáscaras carburadas de la capa durante la operación apagada. | Si en caso de que un rodamiento endurecido (por ejemplo la mayoría de rodamientos de rodillo cónicos) se caliente demasiado rápido, la rápida elevación de temperatura puede causar que el endurecimiento de la capa sea separada de la base. | El rodamiento debe ser calentado lentamente como lo explicado en el #1                                                                                                                                                                                            |

**Nota: Nunca caliente un rodamiento a más de 120°C (250°F).**

### **MONTAJE**

Cuando el rodamiento se ha calentado completamente, ya puede ser colocado en el eje. Es necesario realizar esta operación rápida y cuidadosamente, ya que el rodamiento se enfriará rápidamente una vez haya hecho contacto con el eje. El rodamiento debe ser deslizado por todo el camino hacia el hombro del eje y manteniéndose en posición por 15 a 30 segundos mientras se enfría. Esto asegura que el rodamiento permanecerá asentado correctamente contra el hombro. Si el rodamiento se contrae contra el eje mientras esta siendo posicionado, significa que no fue calentado apropiadamente o la operación de montaje fue demasiado lenta. Se requiere una acción rápida para salvaguardar la situación: Localice el punto "alto" del anillo interno después use un cincel mandril y martillo para soltarlo. El rodamiento debe después deslizarse camino al hombro. Si no se puede realizar dicha operación, el rodamiento tendrá que ser removido e iniciar todo el procedimiento desde el principio.

El montaje opuesto de rodamientos (en el caso de los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos) puede hacerse eficientemente usando un indicador axial para medir el juego axial residual. El eje es empujado lo más lejos posible hacia un lado y el indicador axial se coloca en cero, contra el final. El eje después se mueve lo más lejos posible al otro lado y se registra el juego axial leído



en el indicador axial. El anillo externo de uno de los rodamientos es después ajustado (usualmente con calzas) para fijar el juego axial final en el montaje.

Finalmente los sellos de aceite son instalados. Se debe tener cuidado cuando se inserta el sello, para que los labios no se dañen ni se inviertan. Si se emplean sellos tipo laberinto, deben ser ajustados de manera que no haya frotamiento contra el eje o atascamiento y después hay que llenarlos con la cantidad específica de grasa.

### **MONTAJE DE CHUMACERAS**

Para rodamientos rígidos de bolas estándar, la tolerancia del diámetro interior es negativa, o sea que al diámetro nominal hay que restarle los valores de tolerancia. Para los rodamientos de inserto de chumaceras, la tolerancia es positiva. Esto permite el ajuste fácil del eje en el anillo interno. Esta característica es una de las razones de su popularidad. Son rápidas y fáciles de instalar.

### **Recomendaciones de Ajuste en Las Chumaceras**

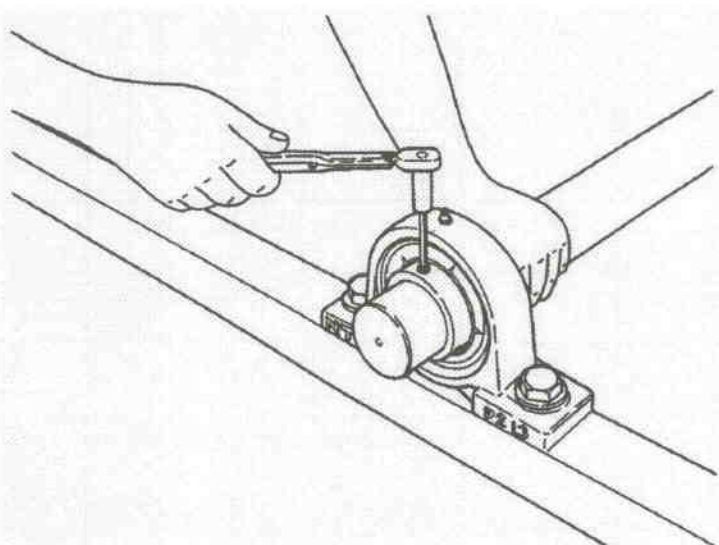
Las chumaceras con tornillos de fijación (prisionero) y con anillo de fijación excéntrico alcanzan velocidades más altas, por lo tanto se hace más crítico poder proveer ajustes más apretados contra el eje para evitar que se aflojen los dispositivos de fijación.

A velocidades más altas, la excentricidad inherente del anillo interno relativo al eje puede también producir una vibración excesiva. En la página 12 se muestran las gráficas para ajustes recomendados en el eje, en la sección de ajustes contra ejes y alojamientos.

### **Montaje con Tornillos de Fijación**

Los tornillos de fijación son utilizados en aplicaciones donde hay retroceso y el montaje es rápido y sencillo. Es importante observar el torque máximo permitido, puesto que los tornillos de fijación sobre apretados pueden dar lugar a la fractura del anillo interno.

Los tornillos de fijación deben ser apretados uniformemente. Una pequeña cuña se puede colocar en el eje debajo del tornillo de fijación para mayor seguridad.



Los tornillos de fijación para rodamientos de insertos tipo UC y AS fabricados por NTN, han sido diseñados para ofrecer una fijación positiva del anillo interior contra el eje. El tornillo de fijación puede ser el patentizado del tipo punta de bola o puede ser del tipo punta de taza, dependiendo del tamaño del eje.

Los rodamientos con diámetro del eje métrico (Ejm.: UC207) utilizan los tornillos de fijación de la serie métrica. Los rodamientos con diámetro del eje en pulgadas (Ejm.: UC207-107) utilizan los tornillos de fijación de la serie en pulgadas. El torque apropiado para apretar el tornillo se encuentra en la siguiente tabla:



### Torques Recomendados para Apretar los Tornillos de Fijación

| Referencia del Rodamiento de la Chumacera |               |               | Serie Métrica                       |                             | Serie en pulgadas                   |                             |
|-------------------------------------------|---------------|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Serie 200                                 | X Series      | Serie 300     | Referencia del tornillo de fijación | Torque de apriete N-m (max) | Referencia del tornillo de fijación | Torque de apriete N-m (max) |
| UC201 a UC205                             |               |               | M5X0.8X7                            | 3.9                         | #10-32UNF                           | 34                          |
| UC206                                     |               | UC305 a UC306 | M6X0.75X8                           | 4.9                         | 1/4-28UNF                           | 43                          |
| UC207                                     | UCX05         |               | M6X0.75X8                           | 5.8                         | 1/4-28UNF                           | 52                          |
| UC208 a UC210                             |               |               | M8X1X10                             | 7.8                         | 5/16-24UNF                          | 69                          |
| UC211                                     | UCX06 a UCX08 | UC307         | M8X1X10                             | 9.8                         | 5/16-24UNF                          | 86                          |
| UC212                                     | UCX09         |               | M10X1.25X12                         | 16.6                        | 3/8-24UNF                           | 147                         |
| UC213 a UC215                             |               | UC308 a UC309 | M10X1.25X12                         | 19.6                        | 3/8-24UNF                           | 173                         |
| UC216                                     | UCX10         |               | M10X1.25X12                         | 22.5                        | 3/8-24UNF                           | 199                         |
|                                           | UCX11 a UCX12 |               | M10X1.25X12                         | 24.5                        | 3/8-24UNF                           | 216                         |
| UC217 a UC218                             | UCX13 a UCX15 | UC310 a UC314 | M12X1.5X13                          | 29.4                        | 1/2-20UNF                           | 260                         |
|                                           | UCX16 a UCX17 |               | M12X1.5X13                          | 34.3                        | 1/2-20UNF                           | 303                         |
|                                           | UCX18         | UC315 a UC316 | M14X1.5X15                          | 34.3                        | 9/16-18UNF                          | 303                         |
|                                           | UCX20         | UC17 a UC319  | M16X1.5X18                          | 53.9                        | 5/8-18UNF                           | 477                         |
|                                           |               | UC320 a UC324 | M18X1.5X20                          | 58.8                        | 5/8-18UNF                           | 520                         |
|                                           |               | UC326 a UC328 | M20X1.5X25                          | 78.4                        |                                     |                             |



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**NTN sudamericana S.A.**

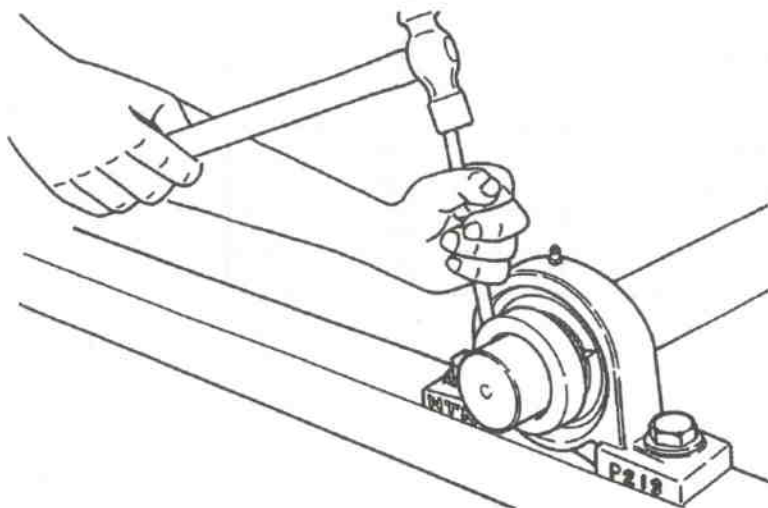
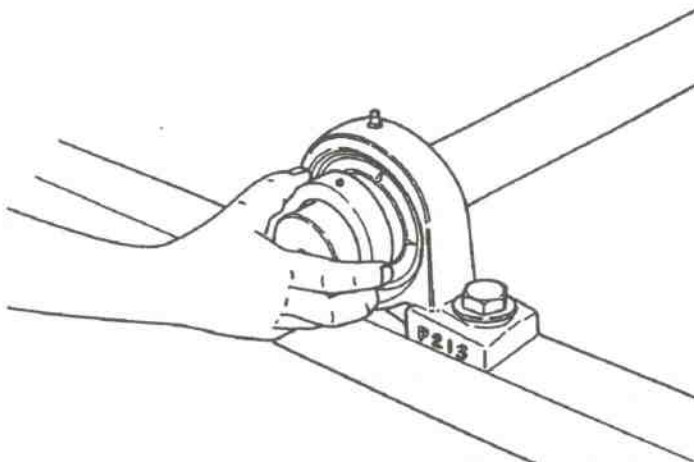
[www.ntnsudamericana.com](http://www.ntnsudamericana.com)

### Collar de Fijación Excéntrico

Este dispositivo de fijación no se recomienda donde el eje invierte la dirección. El eje y el anillo interno son sujetos juntos por medio de la rotación de la leva.

1. Fije el collar sobre el eje y la leva en el anillo interno. Apriete el collar a mano en la dirección de la rotación del eje.
2. Inserte un punzón en el agujero proporcionado en el diámetro exterior del collar y aplique un golpecito sólido en la dirección de rotación del eje. Esto fijará el collar.
3. Sujete el tornillo de fijación del collar al eje.

Los collares para rodamientos con diámetro del eje en serie métrica (Ejm.: AEL307) usan los tornillos de fijación de la serie métrica mientras que los rodamientos con diámetro del eje en pulgadas (Ejm.: UEL207-107) usan el tornillo de fijación de la serie en pulgadas.



### Torque de Apriete Para el Tornillo de Fijación del Collar Excéntrico.

| Referencia del Rodamiento de la Chumacera |              |           | Serie Métrica                       |                             | Serie en Pulgadas                   |                             |
|-------------------------------------------|--------------|-----------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Serie UEL200                              | Serie UEL300 | Serie AEL | Referencia del tornillo de fijación | Torque de apriete N-m (max) | Referencia del tornillo de fijación | Torque de apriete N-m (max) |
| 204 - 205                                 |              | 201 - 205 | M6X0.075X8                          | 7.8                         | $\frac{1}{4}$ -28UNF                | 69                          |
| 206                                       | 303 - 307    | 206       | M8X1 X10                            | 9.8                         | $\frac{5}{16}$ -24UNF               | 86                          |
| 207                                       |              | 207       | M10X1.25X12                         | 11.7                        | $\frac{3}{8}$ -24UNF                | 104                         |
| 208 - 210                                 |              | 208       | M10X1.25X12                         | 15.6                        | $\frac{3}{8}$ -24UNF                | 138                         |
| 211                                       |              |           | M10X1.25X12                         | 19.6                        | $\frac{3}{8}$ -24UNF                | 173                         |
| 212 - 215                                 | 308 - 312    |           | M10X1.25X12                         | 29.4                        | $\frac{3}{8}$ -24UNF                | 260                         |
|                                           | 313 - 314    |           | M12X1.5X13                          | 34.3                        | $\frac{1}{2}$ -20UNF                | 350                         |
|                                           | 315 - 317    |           | M16X1.5X18                          | 53.9                        | $\frac{5}{8}$ -18UNF                | 520                         |
|                                           | 318 - 320    |           | M20X1.5X25                          | 78.4                        | $\frac{3}{4}$ -16UNF                | 700                         |

### Capacidad de Soporte Axial de los Collares Excéntricos de Fijación

| Referencia del Rodamiento de la Chumacera |              | MÁXIMA CAPACIDAD AXIAL (lb.) |
|-------------------------------------------|--------------|------------------------------|
| UEL204 - 205                              | AEL201 - 205 | 330                          |
| UEL206                                    | AEL206       | 440                          |
| UEL207                                    | AEL207       | 440                          |
| UEL208 - 210                              | AEL208       | 660                          |
| UEL211                                    |              | 660                          |
| UEL212                                    |              | 880                          |



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**NTN sudamericana S.A.**

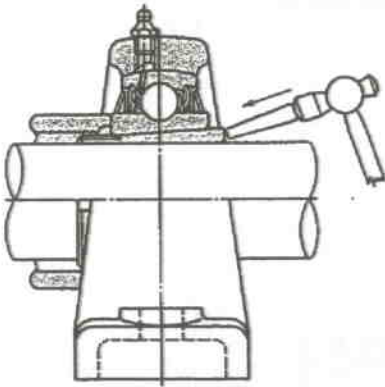
[www.ntsudamericana.com](http://www.ntsudamericana.com)

### MONTAJE DEL MANGUITO DE FIJACIÓN

Cuando se utilizan manguitos de fijación, no hay peligro de que el rodamiento esté trabajando holgado bajo cargas de impacto, vibración o carga axial. Como la conicidad del manguito ajusta según la tolerancia del eje, una tolerancia de eje ISO h9 puede ser usada para todas las condiciones de funcionamiento.

Se usa el siguiente procedimiento:

1. Ubique el manguito sobre el eje. Se puede usar un destornillador para abrir el manguito para que se vaya deslizando en el eje.



2. Coloque el rodamiento sobre el manguito. La cara trasera del manguito se debe golpear ligeramente para asegurar un buen ajuste. Esto también ayudara en el montaje de modo que el manguito no dé vuelta cuando se aprieta la tuerca de fijación. Instale la arandela y la tuerca. Apriete la tuerca totalmente a mano.

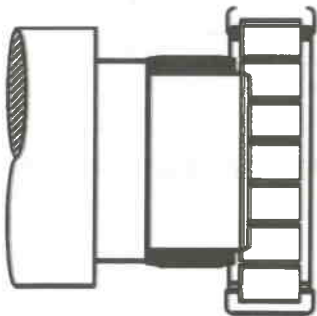
3. Apriete la tuerca de fijación de 60°-90°. Doble la lengüeta en el borde de la arandela cuando alguna de ellas coincida con una muesca de las que hay en el diámetro exterior de la tuerca. Si una lengüeta no se alinea con una muesca, apriete más la tuerca. **NO MUEVA HACIA ATRÁS LA TUERCA.**

### MONTAJE DE RODAMIENTOS DE RODILLOS CILÍNDRICOS - PREVENCIÓN DE DAÑOS

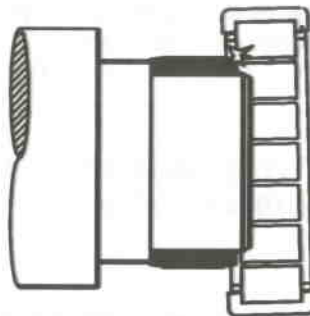
Identación y desgaste son dos tipos de daño mecánico del rodamiento que ocurren comúnmente cuando los componentes de los rodamientos de rodillos cilíndricos se acoplan.

Identación es la dislocación del metal causada por impacto o compresión del rodillo. La fuerza excesiva durante la instalación puede dar lugar a una identación severa o al marcado en los rodillos y las pistas de rodadura.

Desgaste, ralladura o el rasguño de los componentes del rodamiento ocurren cuando los rodillos se deslizan axialmente a través de la pista de rodadura resultando marcas de desgaste.



**Alineamiento Correcto**



**Alineamiento Deficiente  
Se Producen Daños**

El problema que más comúnmente se presenta cuando los rodamientos de rodillos cilíndricos son instalados, es el alineamiento deficiente de los componentes.

Cuando sucede esto, los extremos de los rodillos cogen y levantan el material del chaflán del anillo montado. Este material entonces se arrastra sobre la pista de rodadura causando el marcado.

Cuando ocurre lo antes mencionado, se observa de inmediato el ruido y/o la vibración al poner a funcionar la máquina.

Para evitar el daño, uno de los componentes debe ser girado en un sentido y luego en el sentido opuesto, mientras se acoplan las piezas. De esta forma si hay movimiento rodante, no puede ocurrir un desgaste.

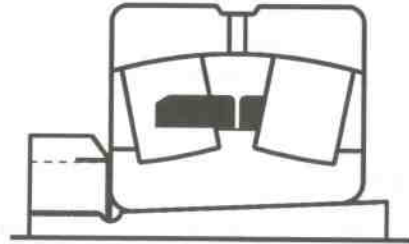


### MONTAJE DE RODAMIENTO CON DIÁMETRO INTERNO CÓNICO

El aspecto más importante del procedimiento, es asegurar que se reduce el juego radial interno en la cantidad apropiada. Esto asegurará que el rodamiento se ajustó adecuadamente contra el eje o contra el manguito, para que no se fracture por poco ajuste o que no se deslice durante la operación.

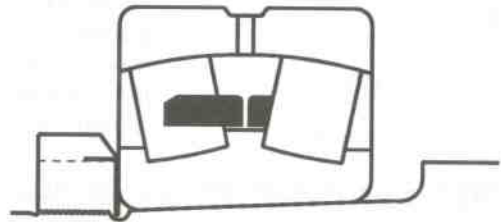
#### Montaje del manguito de fijación

Este método de montaje es en gran medida el más común porque pueden usarse los ejes estándares laminados en frío o ejes maquinados para montar los rodamientos. No se hace indispensable emplear ejes y hombros roscados.



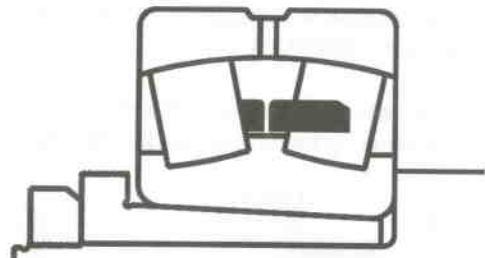
#### Montaje directo en ejes cónicos

Ejes cónicos con rectificado de considerable precisión, se utilizan frecuentemente en industria papelera y en la elaboración de celulosa.



#### Manguito de desmontaje

Es usado comúnmente cuando se requiere un recambio fácil y rápido. El manguito de desmontaje utiliza una tuerca de desmontaje para quitar el rodamiento. Sin embargo, para este arreglo de montaje, el eje debe ser roscado en el extremo externo y tener un hombro localizador.



### EJEMPLO DE MONTAJE EN LO QUE RESPECTA A LA REDUCCIÓN DEL JUEGO RADIAL INTERNO (JRI) SEGÚN NORMAS ISO y JIS

Por ejemplo el rodamiento 22340BL1K

1. Verificar usando galgas que el JRI cumple con los límites establecidos y encontrar cuánto efectivamente tiene. (Ver Tabla de la Página 49)

En este ejemplo: Dia. Interno Nominal =  $\_\_ 40 \times 5 = 200 \text{ mm}$

JRI Mínimo =  $160 \text{ }\mu\text{m}$

JRI Máximo =  $220 \text{ }\mu\text{m}$

Supongamos que este rodamiento está dentro de lo normal y tiene un JRI medido (real) de  $170 \text{ }\mu\text{m}$ .



### Medición del JRI de un Rodamiento Utilizando Galgas

2. Según la Tabla de la Página 50 (Apéndice), la reducción del JRI es:

Mínima = 90  $\mu\text{m}$

Máxima = 110  $\mu\text{m}$

Esto implica que el Juego Máximo será =  $170 - 90 = 80 \mu\text{m}$  (A)

Juego Mínimo será =  $170 - 110 = 60 \mu\text{m}$  (B)

Sin embargo, ISO recomienda no exceder el apriete y por ello hay que respetar el juego residual mínimo permisible indicado a la derecha de la tabla de la Página 50, que en este caso sería 70  $\mu\text{m}$ . Por tal motivo, la opción B de las arriba citadas, no es aceptable y el JRI después de montado el rodamiento debe quedar entre 70  $\mu\text{m}$  a 80  $\mu\text{m}$ .

**Nota:** El desplazamiento axial (1:12), es una alternativa conveniente de usar cuando la masa del rodamiento es muy grande ó cuando no se puede medir el JRI. Consiste en presentar el rodamiento frío sobre el manguito ó eje y marcar hasta donde logró llegar empujado por la fuerza manual normal. Luego retirarlo, mientras se calienta a 120°C máximo; se vuelve a montar y se marca la distancia de calado axial, que en este caso sería: Mínimo 1.4 mm y Máximo 1.7 mm, según la tabla de la Página 50. Como el rodamiento calentado a esa temperatura se dilata, se evita todo el esfuerzo mecánico que podría tomar varias horas.

### LIMPIEZA DE LOS RODAMIENTOS

Los rodamientos se pueden limpiar después de su remoción mediante el lavado con un aceite liviano en caliente o mediante el uso de un solvente derivado del petróleo (sugerimos diesel o kerosene; no es recomendable utilizar gasolina para ese propósito). Para ablandar la mugre muy adherida a los rodamientos, los mismos pueden ser sumergidos durante toda la noche en un solvente, sin embargo, debe evitarse el empleo de solventes clorinados; no se recomienda.

Un lavado final en solvente limpio debe practicarse si los rodamientos van a reutilizarse. Después del lavado, los rodamientos deben secarse de inmediato y debe aplicárseles una capa de aceite para que los proteja de la humedad. El uso de aire comprimido, puede crear problemas relacionados sobre todo a la humedad que pueda tener el aire, a residuos pequeños del metal u óxido de la tubería, los cuales pueden ingresar a presión dentro del rodamiento e iniciar un proceso de contaminación.

### **INSPECCIÓN DE RODAMIENTOS USADOS**

La inspección de rodamientos que han estado en servicio previo es obligatoria si se ha considerado la posibilidad de re-utilizar dichos rodamientos.

Después de limpiarlos, los componentes de los rodamientos deben ser examinados para asegurarse de que no presenten defectos que puedan interferir con la libre operación del rodamiento. Entre estos defectos podemos citar:

- Descascarillado del metal
- Rajaduras en los anillos
- Corrosión intensa en la superficie del diámetro interior o el diámetro exterior, o indicación de deslizamiento en el rodamiento
- Desgaste del metal en las pistas de rodaduras
- Identaciones por contaminación
- Coloración producida por calor

Los rodamientos del tipo separable y los auto-alineables pueden inspeccionarse muy fácilmente para ver si presentan los daños arriba indicados. Luego está también el examen de los elementos rodantes, el cual nos proporcionará con rapidez una idea general del posible estado en que se encuentren las pistas de rodadura.

Si los rodamientos son del tipo no separable, una vez que se haya limpiado y lubricado, puede sostenerse el rodamiento en el anillo interno y al girar el externo, éste debe rotar libremente sin producir ruidos excesivos. Un frenado abrupto del anillo exterior o un sonido tipo "clic" escuchado de manera intermitente, indica posibilidad de contaminación o pistas de rodadura y elementos rodantes picados.

La reutilización de un rodamiento es más que todo una tema de juicio y experiencia. Es difícil inspeccionar las pistas de rodadura y los elementos rodantes de un rodamiento auto contenido como los rodamientos rígidos de bolas. La decisión de re-instalar un rodamiento debe basarse en los siguientes factores:

- Desempeño del rodamiento antes de haberlo desmontado.
- Riesgos para la seguridad o pérdidas económicas que pueda acarrear una falla del rodamiento.
- Tiempo de trabajo por transcurrir antes de la próxima inspección programada.
- Horas de trabajo cumplidas por el rodamiento en comparación con la vida útil estimada del mismo.
- Presencia de defectos en la superficie.
- Evidencias de desgaste abrasivo y corrosión de las superficies.
- Cambios importantes en las dimensiones principales, los juegos internos o la precisión de rotación.

## **LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS**

Los lubricantes para rodamientos se dividen en tres categorías: aceites lubricantes, grasas lubricantes y lubricantes de película seca (ejemplo: grafito, disulfuro de molibdeno, polvo de zinc). Esta sección se ocupa solamente de las grasas y los aceites.

### **PROPÓSITO DEL LUBRICANTE**

Si se analiza en profundidad conceptual al rodamiento, el término rodamiento "anti-fricción" es un término no del todo apropiado para llamar a estos elementos, puesto que en su forma normal de trabajo se genera en ellos algunas formas de fricción.

**La función primordial de un lubricante es reducir la fricción.** Este propósito se cumple mediante la creación de una película separadora entre partes que estén en contacto rodante o contacto deslizante.

- Fricción rodante generada por el propio contacto rodante entre los elementos rodantes y las pistas.
- Fricción deslizante en las áreas de deslizamiento entre los elementos rodantes y las pistas
- Fricción deslizante entre la jaula y los elementos rodantes.
- Fricción deslizante entre la jaula y las superficies de guiado de los anillos.
- Fricción deslizante entre los extremos de los rodillos y las pestañas o rebordes de los anillos.
- Fricción de los fluidos lubricantes en el interior del rodamiento.

### **Las funciones secundarias incluyen:**

- Prevenir la corrosión.
- Prevenir la entrada de contaminantes y ayudar a la refrigeración del rodamiento (cuando se lubrica con circulación de aceite).
- Proveer una protección o sellado adicional (grasa).

En la operación de los rodamientos, la carga es soportada por una película de aceite en la superficie de contacto entre las pistas y los elementos rodantes. En la zona de carga, se presentan fuertes presiones de "contacto" y la mayor proporción del calor generado dentro de un rodamiento se produce en esta área. Es de trascendental importancia que el rodamiento posea una cantidad de lubricante adecuada, y que ese lubricante presente suficiente resistencia en la película como para separar completamente los componentes. En ubicaciones adyacentes a cualquier punto de rodadura pura, existen áreas de "deslizamiento" en las cuales los elementos rodantes se deslizan sobre las pistas de rodadura. En esos puntos que pueden considerarse de cierta criticidad, es muy importante poder suplir una lubricación adecuada.

Los rodamientos de bolas y de rodillos en realidad requieren muy poca cantidad de lubricante. Es necesario que sea de muy alta calidad y con ciertas propiedades específicas. Las más importantes son las que se describen a continuación:

1. Absoluta limpieza y ausencia de elementos corrosivos o abrasivos.
2. Estabilidad química y resistencia a la oxidación más allá del rango de temperaturas de operación.
3. Protección contra la corrosión para superficies de rodadura superacabadas.
4. Suficiente resistencia de la película lubricante a todas las temperaturas de operación.
5. Máxima resistencia al cambio de viscosidad o de consistencia en todo el rango de temperaturas de operación.

### **SELECCIÓN DE UN LUBRICANTE**

No existe en el Mercado un lubricante único y/o mágico, que pueda especificarse para todas las aplicaciones y que cumpla con todas las condiciones arriba descritas. Por lo tanto, se hace necesario para el ingeniero de diseño o de mantenimiento, seleccionar el lubricante de acuerdo a las condiciones de operación y que cumpla con todos los requerimientos de los rodamientos.

La experiencia indica que los aceites vegetales o animales son insatisfactorios para aplicarlos en la lubricación de rodamientos de bolas y de rodillos. Las propiedades requeridas para los rodamientos se obtienen de lubricantes minerales altamente refinados (provenientes del petróleo) o por medio de lubricantes sintéticos. Estos se formulan con los aditivos indicados a fin de proveer las propiedades físicas y químicas requeridas.

Los factores a considerar cuando se seleccione un lubricante incluyen:

- Velocidad rotacional
- Condiciones ambientales operativas (temperatura de operación, nivel de contaminación)
- Requerimientos especiales como por ejemplo: bajo torque
- Programa de re-lubricación
- Lubricación requerida por otros componentes del sistema
- Compatibilidad con otros componentes tales como: sellos o sensores
- Costo del lubricante y los equipos necesarios para lubricar
- Garantía del fabricante del (los ) equipo (s)

### TERMINOLOGÍA

**Viscosidad:** La viscosidad se mide en Centistokes ( $\text{mm}^2/\text{seg}$ ) o Segundos Universales Saybolt (SUS) y es la propiedad más importante y de cuidado de un lubricante. Técnicamente, la viscosidad arroja una medida de la resistencia del lubricante a ser cortado. En el ámbito de rodamientos, la viscosidad es el principal indicativo del espesor de la película de lubricante en las áreas de contacto rodante y deslizante. La viscosidad debe ser tal que permita la separación total de los componentes. En vista de que la viscosidad depende de la temperatura, el poder conocer o estimar con precisión la temperatura de operación del rodamiento es crucial para la correcta selección del lubricante.

**Índice de Viscosidad:** En cuanto sube la temperatura, el aceite se adelgaza. La resistencia del aceite a adelgazarse (perder viscosidad) cuando la temperatura aumenta se indica por el índice de viscosidad del mismo. Mientras más alto sea el índice de viscosidad (V.I.) el aceite tiende a adelgazarse menos con la temperatura (mantiene su viscosidad).

**Consistencia:** se confunde usualmente a esta propiedad con la viscosidad. La consistencia es una medida de la rigidez de la grasa y se identifica con un número establecido por el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI por sus siglas en inglés). El número de la consistencia indica la profundidad de penetración de un cono estándar de prueba en un periodo de tiempo específico, probando en una muestra preparada (trabajada) a  $25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$ . La consistencia de la grasa es importante en vista de que si la misma es muy suave, producirá mucho calentamiento. Si la grasa es demasiado rígida, la misma no podrá penetrar al interior del rodamiento y proveerle una adecuada lubricación.



| GRADO NLGI | PENETRACIÓN @ 25° C<br>(0.1 mm) |
|------------|---------------------------------|
| 000        | 445 - 475                       |
| 00         | 400 - 430                       |
| 0          | 355 - 385                       |
| 1          | 310 - 340                       |
| 2          | 265 - 295                       |
| 3          | 220 - 250                       |
| 4          | 175 - 205                       |
| 5          | 130 - 160                       |
| 6          | 85 - 115                        |

Por ejemplo:

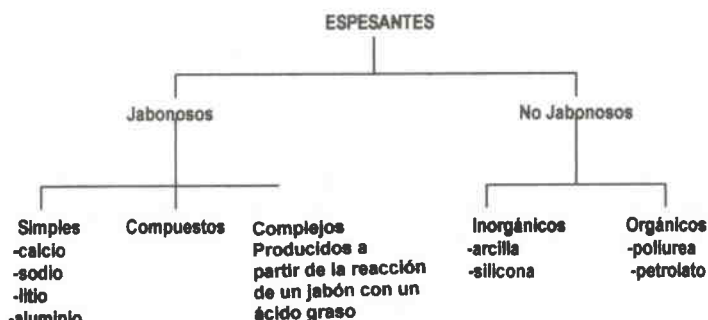
Grado 0 (o delgada) se utiliza en sistemas automáticos de lubricación.

Grados 2 y 3 son los más utilizados en rodamientos.

Grado 4 es adecuado para utilizar la grasa en sellos laberínticos.

Grado 6 conocido como "grasa sólida". No necesita de un recipiente para mantener la forma, además de que la misma debe cortarse con navaja.

**Agente Espesante:** es un elemento utilizado en la formulación de la grasa. El mismo actúa como una esponja, reteniendo el aceite hasta el momento en que sea requerido. Los espesantes pueden categorizarse en jabones metálicos y no metálicos; compuestos jabonosos y espesantes no jabonosos como silicón, poliurea, etc. Otros espesantes especializados se utilizan en volúmenes pequeños para aplicaciones especiales.



### ACEITES LUBRICANTES

Existen básicamente tres tipos de aceites lubricantes determinados por su origen.

**Aceite Mineral** es un producto destilado del petróleo y es indiscutiblemente el más común. Tiene las ventajas de alta disponibilidad y bajo costo. Por décadas se ha investigado todo con respecto a los aceites minerales y el nivel de confianza y confiabilidad de que gozan es excelente. Sin embargo, la viscosidad de los aceites minerales varía enormemente con la temperatura, de manera que el rango de temperaturas de trabajo de los aceites minerales y de las grasas con aceite base mineral es limitado (si se compara con los aceites sintéticos). También, al ser los aceites minerales un compuesto del tipo hidrocarburo, los mismos se oxidan. Cuando trabajan en altas temperaturas el recambio de aceite se hace más frecuente.

**Aceite Sintético** es un producto elaborado en laboratorios y por ende más costoso. El beneficio principal de la utilización de aceites sintéticos es su mínima dependencia de la temperatura, por lo

que los mismos se pueden utilizar en un amplio rango de temperaturas. Los aceites sintéticos pueden soportar altas temperaturas de trabajo por periodos prolongados de tiempo, haciéndolos algunas veces adecuados y otras veces imprescindibles para aplicaciones a temperaturas muy elevadas.

**Aceites Animales y Vegetales** su popularidad está creciendo en respuesta al tema ecológico. Pero su uso es muy limitado en rodamientos, por esta razón, no se tocarán en el presente texto.

Los aceites empleados para lubricar rodamientos de bolas y de rodillos son usualmente aceites minerales de alta refinación, mientras que los sintéticos son utilizados para lubricación en altas temperaturas. Generalmente contienen aditivos para mejorar la resistencia a la oxidación, el índice de viscosidad, la resistencia de la película y la resistencia contra la corrosión.

La viscosidad del aceite se selecciona de acuerdo a la temperatura de operación esperada. En general, los aceites de baja viscosidad se emplean en baja temperatura y los de alta viscosidad son para alta temperatura.

Cuando un aceite ha de seleccionarse para condiciones inusuales de operación, se sugiere que el diseñador consulte al fabricante del aceite o al Departamento de Ingeniería de NTN para las recomendaciones correspondientes.

### **GRASA LUBRICANTE**

Las grasas se definen de acuerdo a ASTM D288 como "un sólido semi-fluido producto de la dispersión de un espesante en un líquido lubricante. Otros ingredientes que pueden dar características especiales pueden ser incluidos."

En resumen, las grasas son una mezcla de un aceite base, el agente espesante y aditivos. Dependiendo de la consistencia de la grasa las proporciones pueden ser de la siguiente manera: 85% aceite base, 10% espesantes y 5% los aditivos.

Los aceites bases pueden ser cualquiera de los descritos anteriormente. Estos aceites le dan a las grasas las propiedades de lubricación. La viscosidad de las grasas depende de la mezcla que se de con el aceite base.

El espesante puede ser considerado como una esponja, la cual se mantiene unida al aceite base permitiendo lubricar lentamente al rodamiento. Existen numerosos tipos de jabones, los más comunes son los jabones metálicos. Estos jabones le dan a las grasas características como: el rango de temperatura, resistencia al agua, estabilidad mecánica, etc. La cantidad de jabón espesante determina la consistencia.

**No todos los espesantes suelen ser compatibles.** Hay que tener mucho cuidado cuando se va a relubricar los rodamientos y cerciorase que la grasa nueva sea compatible con la vieja.

Si se llegan a mezclar grasas con espesantes incompatibles, pueden presentarse reacciones químicas las cuales cambian significativamente las propiedades de la grasa. La mezcla puede tornarse muy delgada y salirse del rodamiento; puede tornarse demasiado espesa, impidiendo la correcta lubricación en el interior del rodamiento o puede solidificarse y trancar el giro del rodamiento.

Para evitar el problema recurra a las siguientes sugerencias:

- Cuando se instale un cartucho nuevo de grasa en una pistola, asegúrese siempre de haber purgado la grasa vieja hasta el punto en el que la grasa nueva salga por el agujero lubricador.
- Al reempacar un rodamiento, primero debe lavarse por completo con solvente limpio.

*Nota: siempre es mejor emplear la misma grasa o una equivalente para relubricar un rodamiento; sin embargo, la tabla siguiente muestra algunos lineamientos sobre compatibilidad de los espesantes, para que sean tomados en cuenta. Si se tienen dudas, lo mejor es consultar al fabricante del lubricante.*

### COMPATIBILIDAD ENTRE GRASAS

| <b>Espesante</b>     |                      |       |         |                    |       |                   |          |               |       |
|----------------------|----------------------|-------|---------|--------------------|-------|-------------------|----------|---------------|-------|
|                      | Complejo de Aluminio | Bario | Bentona | Complejo de Calcio | Litio | Complejo de Litio | Poliurea | Gel de Sílice | Sodio |
| Complejo de Aluminio | P                    | X     | X       | X                  | X     | X                 | X        | O             | X     |
| Bario                | X                    | P     | X       | O                  | X     | X                 | X        | O             | X     |
| Bentona              | X                    | X     | P       | X                  | X     | X                 | X        | O             | X     |
| Complejo de Calcio   | X                    | O     | X       | P                  | O     | O                 | X        | X             | X     |
| Litio                | X                    | X     | X       | O                  | P     | O                 | O        | O             | X     |
| Complejo de Litio    | X                    | X     | X       | O                  | O     | P                 | O        | O             | X     |
| Poliurea             | X                    | X     | X       | X                  | O     | O                 | P        | X             | X     |
| Gel de Sílice        | O                    | O     | O       | X                  | O     | O                 | X        | P             | X     |
| Sodio                | X                    | X     | X       | X                  | X     | X                 | X        | X             | P     |

**P: PREFERIBLEMENTE**

**O: LA MEZCLA NO PRODUCE CAMBIO APRECIABLE EN LAS PROPIEDADES**

**X: LA MEZCLA PRODUCIRÁ CAMBIOS DRÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES**

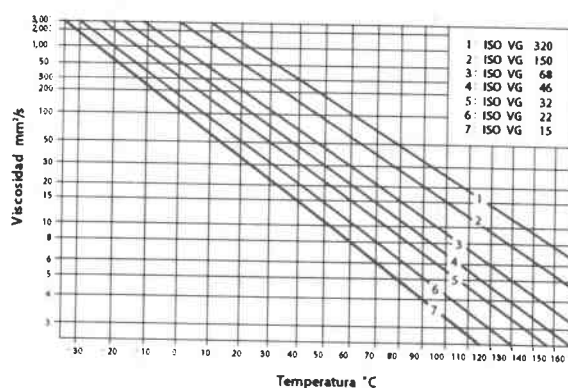
### QUÉ SE REQUIERE

1. Una viscosidad de lubricante que sea suficiente para separar por completo los elementos rodantes de la pista de rodadura.
2. Cierta velocidad mínima en la superficie del elemento rodante, tal que permita la formación de una película de lubricante apropiada (conocida como película hidrodinámica).

Si una de las dos condiciones no se presenta, puede ocurrir choque metal con metal y, dependiendo del lubricante y su paquete de aditivos, las superficies rodantes pueden comenzar a deteriorarse.

La tabla siguiente indica la **mínima** viscosidad requerida para varios tipos de rodamientos a su correspondiente temperatura de operación:

| Tipo de rodamiento                                                         | Viscosidad dinámica mm <sup>2</sup> /s |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Rodamientos de bolas, de rodillos cilíndricos y de agujas                  | 13                                     |
| Rodamientos de rodillos esféricos, de rodillos cónicos y axiales de agujas | 20                                     |
| Rodamientos axiales de rodillos autoalineables                             | 30                                     |



Esta tabla nos brinda una indicación de la mínima viscosidad del aceite en el punto de contacto entre el rodillo y la pista. El siguiente paso es graficar la curva de viscosidad del aceite o grasa que se está considerando. Puede utilizarse la página siguiente para este propósito.

La mayoría de los manuales de los fabricantes de lubricantes, proporcionan la viscosidad del aceite a una temperatura de 40° C y también a 100° C. Estos dos puntos se localizan y se unen por medio de una línea recta. La viscosidad del aceite puede determinarse para cualquier temperatura entre -40° C y +170° C.

El valor de viscosidad obtenido por este método se compara entonces con la mínima viscosidad requerida, obtenida de la tabla anterior. Típicamente, la viscosidad puede ser entre 1.5 a 3.5 veces el mínimo valor requerido.

### GRASA VS. ACEITE

La lubricación con grasa generalmente permite un diseño más económico de sellos y alojamientos en vista de que la grasa por sí misma actúa en pro del mejoramiento del desempeño de los sellos tipo simples del tipo laberíntico. Las grasas modernas de alta calidad para rodamientos con los aditivos apropiados, operarán por periodos de tiempo prolongados con poca atención y en muchos casos son más tenaces que los sistemas de lubricación con aceite. En aplicaciones normales, el diseñador probablemente preferirá utilizar grasas en las aplicaciones en que la velocidad no sea tan alta. Aproximadamente 70% de todos los rodamientos se lubrican con grasa.

Las condiciones de operación del rodamiento y los programas de mantenimiento determinarán si la lubricación debe ser con grasa o con aceite. Cada método tiene ciertas ventajas.

|               | VENTAJAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DESVENTAJAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ACEITE</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede operar en alta velocidad</li> <li>• Es fácil reemplazar el aceite viejo por el nuevo</li> <li>• Mejor lubricidad debido al flujo</li> <li>• Buenas propiedades de eliminación de calor</li> <li>• Pueden usarse sistemas de circulación para refrigerar los rodamientos en aplicaciones de alta temperatura</li> <li>• Se pueden filtrar partículas extrañas</li> <li>• Resulta eficiente en cuanto al costo si ya se tiene el sistema</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mantener el nivel de aceite en el reservorio</li> <li>• Dificulta el sellado</li> <li>• Muy difícil de sellar en aplicaciones verticales, los sistemas de circulación requieren bombas, líneas, filtros, enfriadores, etc.</li> <li>• Requieren mantenimiento</li> </ul> |
| <b>GRASA</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona sellado adicional</li> <li>• Un rodamiento sellado y engrasado reduce la cantidad de componentes en el sistema</li> <li>• Se mantiene en su sitio. Menos fugas cuando se compara con el aceite</li> <li>• Requieren sellos menos complicados</li> <li>• Fácil de usar en lugares de difícil acceso</li> <li>• Amplia variedad de productos disponibles</li> </ul>                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No son tan eficientes para remover calor</li> <li>• Los rodamientos no pueden funcionar a velocidades muy altas</li> </ul>                                                                                                                                                       |

### LUBRICACIÓN INICIAL DE RODAMIENTOS NUEVOS

Al engrasar rodamientos abiertos, la práctica común sugiere sólo untar de grasa los espacios existentes entre el anillo interior y el anillo exterior. En rodamientos rígidos de bolas, hay un pequeño detalle, decidir si se invierte tiempo o no en inyectar grasa entre la jaula y los elementos rodantes, puesto que dicha grasa será expulsada durante la primera revolución del rodamiento. En el caso de los rodamientos auto-alineantes, se rota a 90° el anillo interior y las bolas o los rodillos se untan con grasa. Los rodamientos de rodillos cónicos son un poco más difíciles debido a que no hay tanto espacio libre interior entre los rodillos. En este caso puede ser beneficioso forzar grasa debajo de la jaula y entre los elementos rodantes.

Al utilizar soportes bi-partidos (con rodamientos de rodillos esféricos o rodamientos de doble hilera de bolas), el rodamiento debe untarse con grasa de la manera antes indicada y el alojamiento o base, debe llenarse entre 1/2 a 1/3 parte del espacio libre interior.

Para la lubricación con grasa de un rodamiento, es necesario considerar que debe haber un buen balance entre la velocidad de rotación del mismo y la cantidad de grasa que se empaque en su interior. Cantidad de grasa excesiva y alta velocidad de rotación, generan mucha fricción dentro del rodamiento y por ende mucho calor, de manera que la temperatura de operación del mismo se eleva y este incremento puede ser perjudicial para la viscosidad de la grasa (la viscosidad de las grasas es determinada por el aceite base con que se formule la misma), puesto que la misma disminuye y puede haber rozamiento metal con metal y por ende desgaste excesivo y falla prematura del rodamiento.



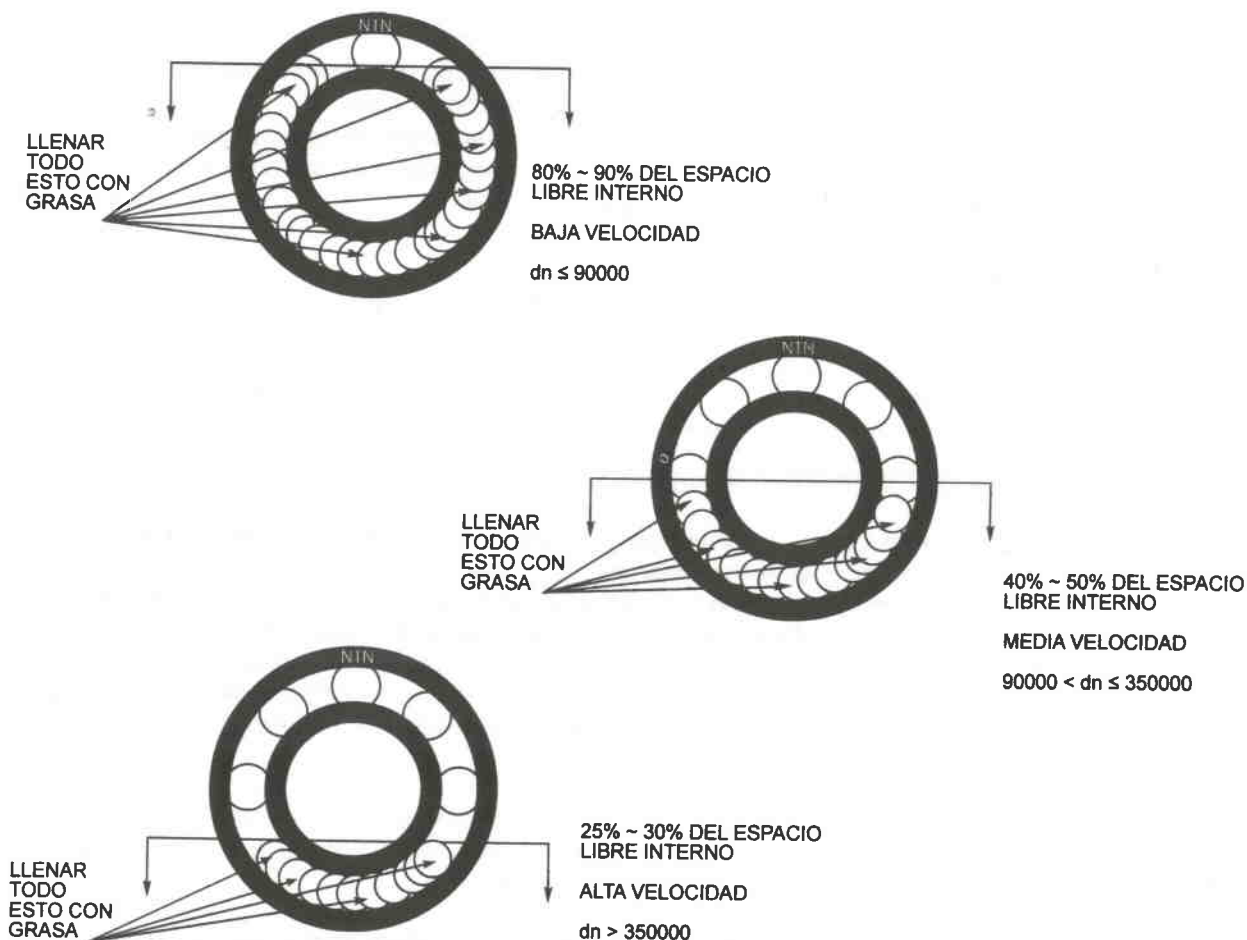
Para la evaluación de la velocidad de rotación, normalmente NTN utiliza un factor que denominamos " $d_n$ ", el cual no es más que una relación entre el diámetro interno del rodamiento (tamaño del rodamiento) y su velocidad de operación en revoluciones por minuto. La relación queda expresada de la siguiente manera:

$$d_n = \varnothing_{\text{int. rod. (mm)}} \times \text{rpm}$$

Dependiendo del rango de valores  $d_n$ , entonces se clasifica el rodamiento como un rodamiento que opera en baja, media o alta velocidad; y de la misma forma, se sugiere la cantidad de llenado de grasa en porcentaje del espacio libre interior del rodamiento, de acuerdo al siguiente esquema:

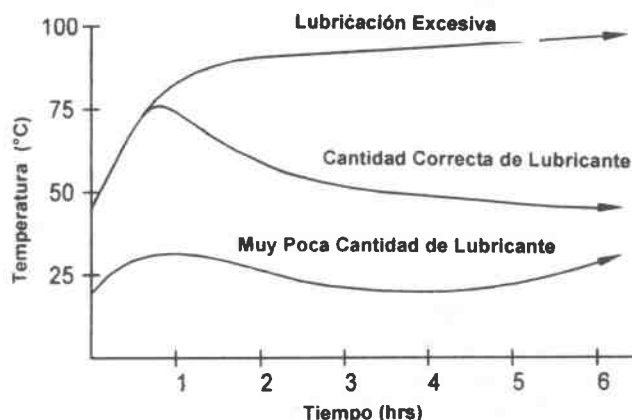
| Valor $d_n$               | Clasificación de Velocidad | Cantidad de Llenado de Grasa |
|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| $d_n \leq 90000$          | Baja Velocidad             | 80 – 90%                     |
| $90000 < d_n \leq 350000$ | Media Velocidad            | 40 – 50%                     |
| $d_n > 350000$            | Alta Velocidad             | 25 – 30 %                    |

Esquemáticamente, podemos representar la relación de acuerdo a los siguientes detalles:



Para los casos en los que hay baño de aceite, el nivel del aceite no debe ser más que el centro de los elementos rodantes que estén al fondo (en la parte inferior del rodamiento). Usualmente se emplea una mirilla para monitorear el nivel de aceite. El peligro derivado de utilizar mirillas es que las mismas se pueden obstruir y arrojar lecturas erróneas, pudiendo desencadenar la situación en un resultado desastroso.

Durante el periodo inicial de funcionamiento, es normal que los rodamientos recién engrasados alcancen altas temperaturas de operación que los que ya tienen cierto periodo funcionando después del engrase. Esto es el resultado de la fricción durante el corte de la grasa y continuará la tendencia hasta que la grasa sea debidamente desplazada. Cuando la maquinaria funciona en alta temperatura la naturaleza del pensamiento humano concluye que se requiere lubricación; sin embargo, esto sólo complicará la situación en un rodamiento que haya sido previamente relleno con grasa. Decir que un rodamiento está caliente, es una apreciación relativa, toda vez que una persona no puede mantener en sus manos por mucho tiempo algo que esté a 60°C. Por lo tanto es necesario monitorear cuidadosamente las temperaturas de operación en un periodo de tiempo definido y observar el patrón de comportamiento de la temperatura antes de alarmarse.



### RELUBRICACIÓN

Un porcentaje importante de rodamientos presentan fallas debido a condiciones pobres de lubricación. Entre estas se puede mencionar: sobre engrase, engrase deficiente, contaminación de la grasa y mezcla de espesantes incompatibles.

El sobre engrase causa corte excesivo de la grasa dentro del rodamiento, lo cual genera calor. El aumento de temperatura adelgaza el aceite base, resultando en contacto directo metal con metal en las superficies de rodadura. Esta condición da lugar a que ocurra desprendimiento de acero y pérdida de la precisión de la geometría interna, y por último, se presentará fatiga de rodadura en el acero, si es que el rodamiento dura para tanto.

La cantidad de grasa que es necesario añadir al rodamiento, puede estimarse a partir de la siguiente ecuación:

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

donde: B = Ancho del rodamiento en milímetros  
D = Diámetro exterior del rodamiento en milímetros  
G = Cantidad de grasa por añadir en gramos

Mientras que los resultados de la ecuación arriba indicada son aceptados en la industria como una buena aproximación, la cantidad de grasa que de agregarse al rodamiento depende mucho de los siguientes factores:

- Cantidad de lubricante previamente existente
- Espacio libre disponible
- Velocidad de rotación del rodamiento

### PRECAUCIONES DURANTE LA RELUBRICACIÓN

Algunas precauciones deben tomarse en cuenta para asegurar que el rodamiento no sea objeto de lubricación excesiva:

- Cuando sea seguro hacerlo, lubríquese el rodamiento mientras el mismo esté en rotación. Una línea de lubricación extendida, puede ayudar a fin de prevenir accidentes.
- El alojamiento debe tener un agujero de alivio para que drene la grasa vieja y el exceso de grasa. Mezclar la grasa nueva con grasa vieja, puede degradar rápidamente a la grasa nueva.
- Calíbrese la pistola de engrase. El procedimiento puede hacerse bombeando 10 veces grasa con la pistola, sobre una hoja limpia de papel y pesando el contenido de la hoja. De esta manera, un bombeo de la pistola de grasa proporciona aproximadamente el 10% del peso obtenido.
- Revise los regímenes y prácticas de lubricación antes empleados, a fin de determinar la cantidad de grasa requerida.
- Siempre hay que limpiar el agujero de engrase ubicado en el alojamiento del rodamiento antes de relubricar.

### INTERVALO DE RELUBRICACIÓN

Los rodamientos sellados vienen engrasados para el periodo de tiempo correspondiente a la vida útil del lubricante, no a la vida del rodamiento. Los rodamientos sellados y lo que son tapados no se pueden relubricar.

En el caso de rodamientos abiertos, la frecuencia de relubricación depende de un cierto número de factores como:

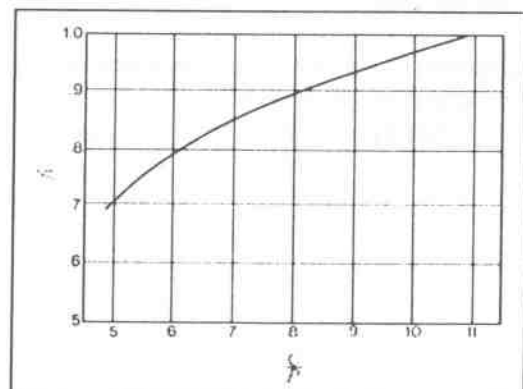
- Temperatura de la aplicación
- Exposición a la contaminación
- Calidad del lubricante
- Condiciones generales de operación, incluyendo carga y velocidad

Mediante el procedimiento que mostramos a continuación, podemos calcular un intervalo de relubricación.

### **Procedimiento**

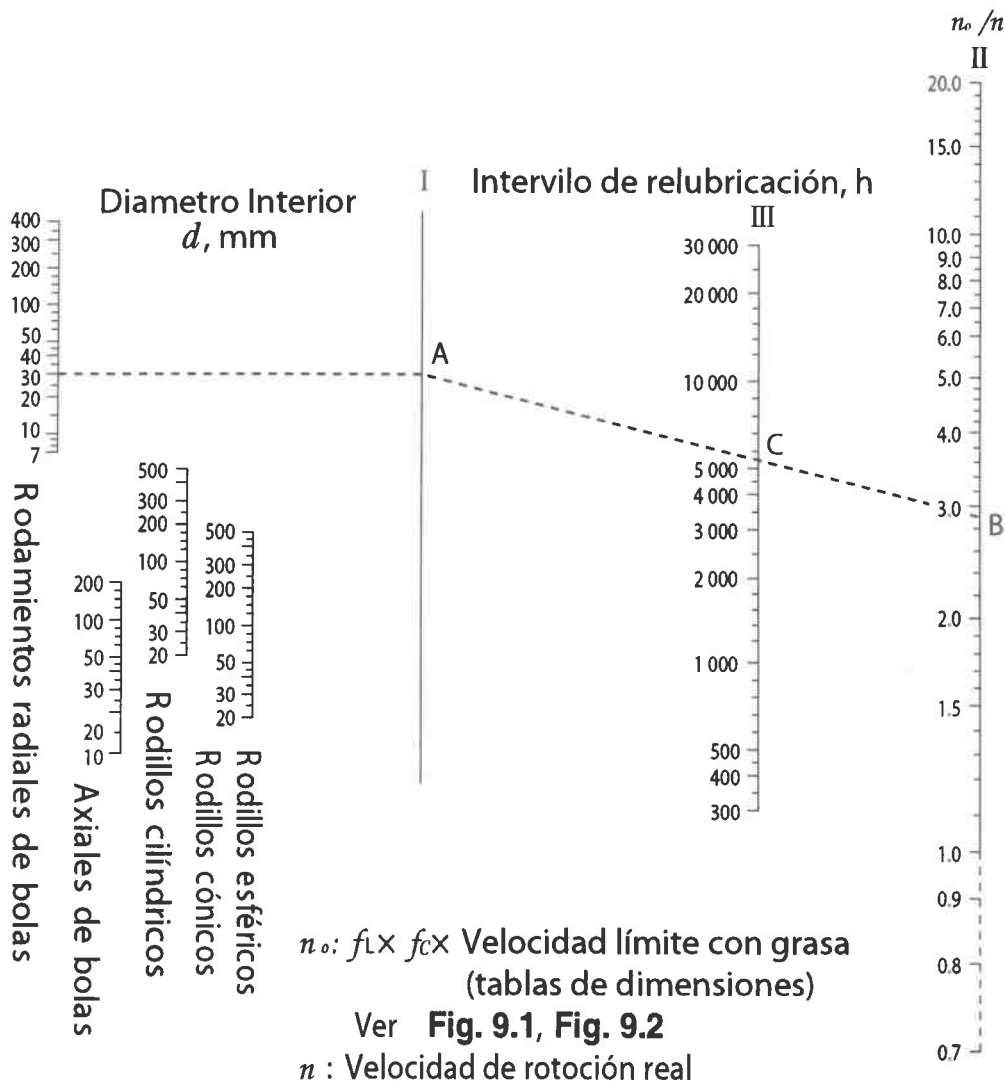
1. Calcúlese el valor de  $n_o$ .  $n_o = f_i \times n$ , donde  $n$  es la velocidad límite para lubricación con grasa que se obtiene de las tablas de rodamientos. Y  $f_i$  se obtiene del diagrama adyacente, en el cual  $P$  es la carga aplicada y  $C$  es la capacidad de carga dinámica del rodamiento de las tablas del catálogo.
2. Calcúlese la relación  $n_o/n$  y ubíquese en la línea vertical marcada como II en el diagrama de la página siguiente (punto B en el ejemplo).

Encuentre el punto correspondiente al tipo y tamaño



- Encuentre el punto correspondiente al tipo y tamaño de rodamiento en una de las líneas verticales a la izquierda, las cuales están señaladas. (El ejemplo usado es un rodamiento de 30 mm de diámetro interior).
- Dibuje una línea horizontal hacia la vertical señalada como I (punto A en el ejemplo).
- Una los puntos A y B.
- Lea el intervalo de relubricación en horas del gráfico en la línea vertical III (punto C en el ejemplo)

Nótese que para rodamientos que operan a temperaturas por encima de 80° C, la frecuencia de lubricación debe incrementarse. Una buena regla práctica es que por cada 10° C por encima de los 80° C, el intervalo debe reducirse por un factor igual a 1/1.5, o sea debe reducirse en un 33%.



### Ejemplo:

**Encuentre el periodo para relubricación con grasa de un rodamiento rígido de bolas 6206 con una carga radial aplicada de 2 kN (450 lbf) el cual opera a 3600 rev/min, a 60° C. Si la temperatura fuese 90° C, cuál sería el periodo de relubricación?**

De las tablas de rodamientos del catálogo de NTN,  $C_r = 19.5 \text{ kN}$  (4384 lbf), y la velocidad límite para lubricación con grasa es de 11000 r.p.m.

$d = 06 \times 5 = 30 \text{ mm}$ ,  $C_r/P_r = 19.5 \text{ kN} / 2 \text{ kN} = 9.8$ , en el diagrama de la página 38 puede verse que  $f_L = 0.96$

Por lo tanto,  $n_0 = 0.96 \times 11000 = 10560 \text{ r.p.m.}$  y  $n_0/n = 10560 / 3600 = 2.93$

Al dibujar una línea recta que una los puntos A y B, se puede leer el intervalo de relubricación en el punto C, el cual debe ser de aproximadamente **5500 horas**.

A 90° C, el periodo de relubricación debe ser de aproximadamente  $5500 / 1.5 = \underline{\underline{3666 \text{ horas o aproximadamente 3600 horas.}}}$



# APENDICE



### Tolerancia para rodamientos radiales (Con excepción de los rodamientos de rodillos cónicos)

#### Anillos Internos

Unidad  $\mu\text{m}$

| Diámetro interno |       | Desviación del diámetro interior<br>medio de un sólo plano |      |         |      |         |      |         |      |         |      | Variación del diámetro interno |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| d                |       | $\Delta_{dP}$                                              |      |         |      |         |      |         |      |         |      | $V_{dp}$                       |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
| mm               |       |                                                            |      |         |      |         |      |         |      |         |      | serie de diámetro 9            |        |        |        |        | serie de diámetro 0.1 |        |        |        |        | serie de diámetro 2.3.4 |        |        |        |        |
|                  |       | clase 0                                                    |      | clase 6 |      | clase 5 |      | clase 4 |      | clase 2 |      |                                |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
| Más de           | Hasta | max.                                                       | min. | max.    | min. | max.    | min. | max.    | min. | max.    | min. | dase 0                         | dase 6 | dase 5 | dase 4 | dase 2 | dase 0                | dase 6 | dase 5 | dase 4 | dase 2 | dase 0                  | dase 6 | dase 5 | dase 4 | dase 2 |
|                  |       |                                                            |      |         |      |         |      |         |      |         |      |                                |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
| 0.6 <sup>4</sup> | 2.5   | 0                                                          | -8   | 0       | -7   | 0       | -5   | 0       | -4   | 0       | -2.5 | 10                             | 9      | 5      | 4      | 2.5    | 8                     | 7      | 4      | 3      | 2.5    | 6                       | 5      | 4      | 3      | 2.5    |
| 2.5              | 10    | 0                                                          | -8   | 0       | -7   | 0       | -5   | 0       | -4   | 0       | -2.5 | 10                             | 9      | 5      | 4      | 2.5    | 8                     | 7      | 4      | 3      | 2.5    | 6                       | 5      | 4      | 3      | 2.5    |
| 10               | 18    | 0                                                          | -8   | 0       | -7   | 0       | -5   | 0       | -4   | 0       | -2.5 | 10                             | 9      | 5      | 4      | 2.5    | 8                     | 7      | 4      | 3      | 2.5    | 6                       | 5      | 4      | 3      | 2.5    |
| 18               | 30    | 0                                                          | -10  | 0       | -8   | 0       | -6   | 0       | -5   | 0       | -2.5 | 13                             | 10     | 6      | 5      | 2.5    | 10                    | 8      | 5      | 4      | 2.5    | 8                       | 6      | 5      | 4      | 2.5    |
| 30               | 50    | 0                                                          | -12  | 0       | -10  | 0       | -8   | 0       | -6   | 0       | -2.5 | 15                             | 13     | 8      | 6      | 2.5    | 12                    | 10     | 6      | 5      | 2.5    | 9                       | 8      | 6      | 5      | 2.5    |
| 50               | 80    | 0                                                          | -15  | 0       | -12  | 0       | -9   | 0       | -7   | 0       | -4   | 19                             | 15     | 9      | 7      | 4      | 19                    | 15     | 7      | 5      | 4      | 11                      | 9      | 7      | 5      | 4      |
| 80               | 120   | 0                                                          | -20  | 0       | -15  | 0       | -10  | 0       | -8   | 0       | -5   | 25                             | 19     | 10     | 8      | 5      | 25                    | 19     | 8      | 6      | 5      | 15                      | 11     | 8      | 6      | 5      |
| 120              | 150   | 0                                                          | -25  | 0       | -18  | 0       | -13  | 0       | -10  | 0       | -7   | 31                             | 23     | 13     | 10     | 7      | 31                    | 23     | 10     | 8      | 7      | 19                      | 14     | 10     | 8      | 7      |
| 150              | 180   | 0                                                          | -25  | 0       | -18  | 0       | -13  | 0       | -10  | 0       | -7   | 31                             | 23     | 13     | 10     | 7      | 31                    | 23     | 10     | 8      | 7      | 19                      | 14     | 10     | 8      | 7      |
| 180              | 250   | 0                                                          | -30  | 0       | -22  | 0       | -15  | 0       | -12  | 0       | -8   | 38                             | 28     | 15     | 12     | 8      | 38                    | 28     | 12     | 9      | 8      | 23                      | 17     | 12     | 9      | 8      |
| 250              | 315   | 0                                                          | -35  | 0       | -25  | 0       | -18  | —       | —    | —       | —    | 44                             | 31     | 18     | —      | —      | 44                    | 31     | 14     | —      | —      | 26                      | 19     | 14     | —      | —      |
| 315              | 400   | 0                                                          | -40  | 0       | -30  | 0       | -23  | —       | —    | —       | —    | 50                             | 38     | 23     | —      | —      | 50                    | 38     | 18     | —      | —      | 30                      | 23     | 18     | —      | —      |
| 400              | 500   | 0                                                          | -45  | 0       | -35  | —       | —    | —       | —    | —       | —    | 56                             | 44     | —      | —      | —      | 56                    | 44     | —      | —      | —      | 34                      | 26     | —      | —      | —      |
| 500              | 630   | 0                                                          | -50  | 0       | -40  | —       | —    | —       | —    | —       | —    | 63                             | 50     | —      | —      | —      | 63                    | 50     | —      | —      | —      | 38                      | 30     | —      | —      | —      |
| 630              | 800   | 0                                                          | -75  | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                              | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 800              | 1 000 | 0                                                          | -100 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                              | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 1 000            | 1 250 | 0                                                          | -125 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                              | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 1 250            | 1 600 | 0                                                          | -160 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                              | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 1 600            | 2 000 | 0                                                          | -200 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                              | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |

<sup>1</sup> La diferencia dimensional  $\Delta_{ds}$  del diámetro interior aplicada a las clases 4 y 2 es la misma que la tolerancia de la diferencia dimensional  $\Delta_{dmp}$  del diámetro interior promedio. Sin embargo, la diferencia dimensional se aplica en las series de diámetros 0, 1, 2, 3 y 4 contra la Clase 4, y para todas las series de diámetro contra la Clase 2.

#### Anillos externos

| Diámetro externo |       | Desviación del diámetro exterior<br>medio de un sólo plano |      |         |      |         |      |         |      |         |      | Variación del diámetro externo <sup>6</sup> |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
|------------------|-------|------------------------------------------------------------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| D                |       | $\Delta_{Dp}$                                              |      |         |      |         |      |         |      |         |      | $V_{Dp}$                                    |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
| mm               |       |                                                            |      |         |      |         |      |         |      |         |      | Tipo abierto                                |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
|                  |       | clase 0                                                    |      | clase 6 |      | clase 5 |      | clase 4 |      | clase 2 |      | serie de diámetro 9                         |        |        |        |        | serie de diámetro 0.1 |        |        |        |        | serie de diámetro 2.3.4 |        |        |        |        |
| De               | Hasta | max.                                                       | min. | max.    | min. | max.    | min. | max.    | min. | max.    | min. | dase 0                                      | dase 6 | dase 5 | dase 4 | dase 2 | dase 0                | dase 6 | dase 5 | dase 4 | dase 2 | dase 0                  | dase 6 | dase 5 | dase 4 | dase 2 |
|                  |       |                                                            |      |         |      |         |      |         |      |         |      |                                             |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |                         |        |        |        |        |
| 2.5 <sup>8</sup> | 6     | 0                                                          | -8   | 0       | -7   | 0       | -5   | 0       | -4   | 0       | -2.5 | 10                                          | 9      | 5      | 4      | 2.5    | 8                     | 7      | 4      | 3      | 2.5    | 6                       | 5      | 4      | 3      | 2.5    |
| 6                | 18    | 0                                                          | -8   | 0       | -7   | 0       | -5   | 0       | -4   | 0       | -2.5 | 10                                          | 9      | 5      | 4      | 2.5    | 8                     | 7      | 4      | 3      | 2.5    | 6                       | 5      | 4      | 3      | 2.5    |
| 18               | 30    | 0                                                          | -9   | 0       | -8   | 0       | -6   | 0       | -5   | 0       | -4   | 12                                          | 10     | 6      | 5      | 4      | 9                     | 8      | 5      | 4      | 4      | 7                       | 6      | 5      | 4      | 4      |
| 30               | 50    | 0                                                          | -11  | 0       | -9   | 0       | -7   | 0       | -6   | 0       | -4   | 14                                          | 11     | 7      | 6      | 4      | 11                    | 9      | 5      | 5      | 4      | 8                       | 7      | 5      | 5      | 4      |
| 50               | 80    | 0                                                          | -13  | 0       | -11  | 0       | -9   | 0       | -7   | 0       | -4   | 16                                          | 14     | 9      | 7      | 4      | 13                    | 11     | 7      | 5      | 4      | 10                      | 8      | 7      | 5      | 4      |
| 80               | 120   | 0                                                          | -15  | 0       | -13  | 0       | -10  | 0       | -8   | 0       | -5   | 19                                          | 16     | 10     | 8      | 5      | 19                    | 16     | 8      | 6      | 5      | 11                      | 10     | 8      | 6      | 5      |
| 120              | 150   | 0                                                          | -18  | 0       | -15  | 0       | -11  | 0       | -9   | 0       | -5   | 23                                          | 19     | 11     | 9      | 5      | 23                    | 19     | 8      | 7      | 5      | 14                      | 11     | 8      | 7      | 5      |
| 150              | 180   | 0                                                          | -25  | 0       | -18  | 0       | -13  | 0       | -10  | 0       | -7   | 31                                          | 23     | 13     | 10     | 7      | 31                    | 23     | 10     | 8      | 7      | 19                      | 14     | 10     | 8      | 7      |
| 180              | 250   | 0                                                          | -30  | 0       | -20  | 0       | -15  | 0       | -11  | 0       | -8   | 38                                          | 25     | 15     | 11     | 8      | 38                    | 25     | 11     | 8      | 8      | 23                      | 15     | 11     | 8      | 8      |
| 250              | 315   | 0                                                          | -35  | 0       | -25  | 0       | -18  | 0       | -13  | 0       | -8   | 44                                          | 31     | 18     | 13     | 8      | 44                    | 31     | 14     | 10     | 8      | 26                      | 19     | 14     | 10     | 8      |
| 315              | 400   | 0                                                          | -40  | 0       | -28  | 0       | -20  | 0       | -15  | 0       | -10  | 50                                          | 35     | 20     | 15     | 10     | 50                    | 35     | 15     | 11     | 10     | 30                      | 21     | 15     | 11     | 10     |
| 400              | 500   | 0                                                          | -45  | 0       | -33  | 0       | -23  | —       | —    | —       | —    | 56                                          | 41     | 23     | —      | —      | 56                    | 41     | 17     | —      | —      | 34                      | 25     | 17     | —      | —      |
| 500              | 630   | 0                                                          | -50  | 0       | -38  | 0       | -28  | —       | —    | —       | —    | 63                                          | 48     | 28     | —      | —      | 63                    | 48     | 21     | —      | —      | 38                      | 29     | 21     | —      | —      |
| 630              | 800   | 0                                                          | -75  | 0       | -45  | 0       | -35  | —       | —    | —       | —    | 94                                          | 56     | 35     | —      | —      | 94                    | 56     | 26     | —      | —      | 55                      | 34     | 26     | —      | —      |
| 800              | 1 000 | 0                                                          | -100 | 0       | -60  | —       | —    | —       | —    | —       | —    | 125                                         | 75     | —      | —      | —      | 125                   | 75     | —      | —      | —      | 75                      | 45     | —      | —      | —      |
| 1 000            | 1 250 | 0                                                          | -125 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                                           | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 1 250            | 1 600 | 0                                                          | -160 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                                           | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 1 600            | 2 000 | 0                                                          | -200 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                                           | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |
| 2 000            | 2 500 | 0                                                          | -250 | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —       | —    | —                                           | —      | —      | —      | —      | —                     | —      | —      | —      | —      | —                       | —      | —      | —      | —      |

<sup>5</sup> La diferencia dimensional  $\Delta_{Ds}$  del diámetro exterior aplicada a las clases 4 y 2 es la misma que la tolerancia de la diferencia dimensional  $\Delta_{Dmp}$  del diámetro exterior promedio. Sin embargo, la diferencia dimensional se aplica en las series de diámetros 0, 1, 2, 3 y 4 contra la Clase 4, y para todas las series de diámetro contra la Clase 2.

Unidad  $\mu m$

Tabla de tolerancias para ejes

| Diámetro<br>interior nominal<br>del rodamiento<br>d (mm) | g5   |      | g6   |      | h5   |      | h6   |      | h9   |      | j5   |      | j6   |      | k5   |      | k6   |      | m5   |      | m6   |      | n5   |      | n6   |      | p6   |      |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                          | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja |
| 3                                                        | -4   | -9   | -4   | -12  | 0    | -5   | 0    | -8   | 0    | -30  | +3   | -2   | +6   | -2   | +6   | +1   | +9   | +1   | +9   | +4   | +12  | +4   | +13  | +8   | +16  | +8   | +20  | +12  |
| 6                                                        | -5   | -11  | -5   | -14  | 0    | -6   | 0    | -9   | 0    | -36  | +4   | -2   | +7   | -2   | +7   | +1   | +10  | +1   | +12  | +6   | +15  | +6   | +16  | +10  | +19  | +10  | +24  | +15  |
| 10                                                       | -6   | -14  | -6   | -17  | 0    | -8   | 0    | -11  | 0    | -43  | +5   | -3   | +8   | -3   | +9   | +1   | +12  | +1   | +15  | +7   | +18  | +7   | +20  | +12  | +23  | +12  | +29  | +18  |
| 18                                                       | -7   | -16  | -7   | -20  | 0    | -9   | 0    | -13  | 0    | -52  | +5   | -4   | +9   | -4   | +11  | +2   | +15  | +2   | +17  | +8   | +21  | +8   | +24  | +15  | +28  | +15  | +35  | +22  |
| 30                                                       | -9   | -20  | -9   | -25  | 0    | -11  | 0    | -16  | 0    | -62  | +6   | -5   | +11  | -5   | +13  | +2   | +18  | +2   | +20  | +9   | +25  | +9   | +28  | +17  | +33  | +17  | +42  | +26  |
| 40                                                       | -9   | -20  | -9   | -25  | 0    | -11  | 0    | -16  | 0    | -62  | +6   | -5   | +11  | -5   | +13  | +2   | +18  | +2   | +20  | +9   | +25  | +9   | +28  | +17  | +33  | +17  | +42  | +26  |
| 50                                                       | -10  | -23  | -10  | -29  | 0    | -13  | 0    | -19  | 0    | -74  | +6   | -7   | +12  | -7   | +15  | +2   | +21  | +2   | +24  | +11  | +30  | +11  | +33  | +20  | +39  | +20  | +51  | +32  |
| 65                                                       | -10  | -23  | -10  | -29  | 0    | -13  | 0    | -19  | 0    | -74  | +6   | -7   | +12  | -7   | +15  | +2   | +21  | +2   | +24  | +11  | +30  | +11  | +33  | +20  | +39  | +20  | +51  | +32  |
| 80                                                       | -12  | -27  | -12  | -34  | 0    | -15  | 0    | -22  | 0    | -87  | +6   | -9   | +13  | -9   | +18  | +3   | +25  | +3   | +28  | +13  | +35  | +13  | +38  | +23  | +45  | +23  | +59  | +37  |
| 100                                                      | -12  | -27  | -12  | -34  | 0    | -15  | 0    | -22  | 0    | -87  | +6   | -9   | +13  | -9   | +18  | +3   | +25  | +3   | +28  | +13  | +35  | +13  | +38  | +23  | +45  | +23  | +59  | +37  |
| 120                                                      | -14  | -32  | -14  | -39  | 0    | -18  | 0    | -25  | 0    | -100 | +7   | -11  | +14  | -11  | +21  | +3   | +28  | +3   | +33  | +15  | +40  | +15  | +45  | +27  | +52  | +27  | +68  | +43  |
| 140                                                      | -14  | -32  | -14  | -39  | 0    | -18  | 0    | -25  | 0    | -100 | +7   | -11  | +14  | -11  | +21  | +3   | +28  | +3   | +33  | +15  | +40  | +15  | +45  | +27  | +52  | +27  | +68  | +43  |
| 160                                                      | -14  | -32  | -14  | -39  | 0    | -18  | 0    | -25  | 0    | -100 | +7   | -11  | +14  | -11  | +21  | +3   | +28  | +3   | +33  | +15  | +40  | +15  | +45  | +27  | +52  | +27  | +68  | +43  |
| 180                                                      | -15  | -35  | -15  | -44  | 0    | -20  | 0    | -29  | 0    | -115 | +7   | -13  | +16  | -13  | +24  | +4   | +33  | +4   | +37  | +17  | +46  | +17  | +51  | +31  | +60  | +31  | +79  | +50  |
| 200                                                      | -15  | -35  | -15  | -44  | 0    | -20  | 0    | -29  | 0    | -115 | +7   | -13  | +16  | -13  | +24  | +4   | +33  | +4   | +37  | +17  | +46  | +17  | +51  | +31  | +60  | +31  | +79  | +50  |
| 225                                                      | -15  | -35  | -15  | -44  | 0    | -20  | 0    | -29  | 0    | -115 | +7   | -13  | +16  | -13  | +24  | +4   | +33  | +4   | +37  | +17  | +46  | +17  | +51  | +31  | +60  | +31  | +79  | +50  |
| 250                                                      | -17  | -40  | -17  | -49  | 0    | -23  | 0    | -32  | 0    | -130 | +7   | -16  | +16  | -16  | +27  | +4   | +36  | +4   | +43  | +20  | +52  | +20  | +57  | +34  | +66  | +34  | +88  | +56  |
| 280                                                      | -17  | -40  | -17  | -49  | 0    | -23  | 0    | -32  | 0    | -130 | +7   | -16  | +16  | -16  | +27  | +4   | +36  | +4   | +43  | +20  | +52  | +20  | +57  | +34  | +66  | +34  | +88  | +56  |
| 315                                                      | -18  | -43  | -18  | -54  | 0    | -25  | 0    | -36  | 0    | -140 | +7   | -18  | +18  | -18  | +29  | +4   | +40  | +4   | +46  | +21  | +57  | +21  | +62  | +37  | +73  | +37  | +98  | +62  |
| 355                                                      | -18  | -43  | -18  | -54  | 0    | -25  | 0    | -36  | 0    | -140 | +7   | -18  | +18  | -18  | +29  | +4   | +40  | +4   | +46  | +21  | +57  | +21  | +62  | +37  | +73  | +37  | +98  | +62  |
| 400                                                      | -20  | -47  | -20  | -60  | 0    | -27  | 0    | -40  | 0    | -155 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +63  | +23  | +67  | +40  | +80  | +40  | +108 | +68  |
| 450                                                      | -20  | -47  | -20  | -60  | 0    | -27  | 0    | -40  | 0    | -155 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +63  | +23  | +67  | +40  | +80  | +40  | +108 | +68  |
| 500                                                      | -22  | -66  | -22  | -66  | 0    | -27  | 0    | -44  | 0    | -175 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +70  | +26  |      |      | +88  | +44  | +122 | +78  |
| 560                                                      | -22  | -66  | -22  | -66  | 0    | -27  | 0    | -44  | 0    | -175 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +70  | +26  |      |      | +88  | +44  | +122 | +78  |
| 630                                                      | -24  | -74  | -24  | -74  | 0    | -27  | 0    | -50  | 0    | -200 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +80  | +30  |      |      | +100 | +50  | +138 | +88  |
| 710                                                      | -24  | -74  | -24  | -74  | 0    | -27  | 0    | -50  | 0    | -200 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +80  | +30  |      |      | +100 | +50  | +138 | +88  |
| 800                                                      | -26  | -82  | -26  | -82  | 0    | -27  | 0    | -56  | 0    | -230 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +90  | +34  |      |      | +112 | +56  | +156 | +100 |
| 900                                                      | -26  | -82  | -26  | -82  | 0    | -27  | 0    | -56  | 0    | -230 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +90  | +34  |      |      | +112 | +56  | +156 | +100 |
| 1000                                                     | -28  | -94  | -28  | -94  | 0    | -27  | 0    | -66  | 0    | -260 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +106 | +40  |      |      | +132 | +66  | +186 | +120 |
| 1120                                                     | -28  | -94  | -28  | -94  | 0    | -27  | 0    | -66  | 0    | -260 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +106 | +40  |      |      | +132 | +66  | +186 | +120 |
| 1250                                                     | -30  | -108 | -30  | -108 | 0    | -27  | 0    | -78  | 0    | -310 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +126 | +48  |      |      | +156 | +78  | +218 | +140 |
| 1400                                                     | -30  | -108 | -30  | -108 | 0    | -27  | 0    | -78  | 0    | -310 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +126 | +48  |      |      | +156 | +78  | +218 | +140 |
| 1600                                                     | -30  | -108 | -30  | -108 | 0    | -27  | 0    | -78  | 0    | -310 | +7   | -20  | +20  | -20  | +32  | +5   | +45  | +5   | +50  | +23  | +126 | +48  |      |      | +156 | +78  | +218 | +140 |

Tabla de tolerancias para alojamientos

| Diámetro<br>interior nominal<br>del alojamiento<br>D (mm) | G6   |      | G7   |      | H6   |      | H7   |      | H8   |      | J6   |      | J7   |      | K6   |      | K7   |      | M6   |      | M7   |      | N6   |      | N7   |      | P6   |      | P7   |      |
|-----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| más de<br>incl.                                           | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja | alta | baja |
| 3                                                         | +12  | +4   | +16  | +4   | +8   | 0    | +12  | 0    | +18  | 0    | +5   | -3   | +6   | -6   | +2   | -6   | +3   | -9   | -1   | -9   | 0    | -12  | -5   | -13  | -4   | -16  | -9   | -17  | -8   | -20  |
| 6                                                         | +14  | +5   | +20  | +5   | +9   | 0    | +15  | 0    | +22  | 0    | +5   | -4   | +8   | -7   | +2   | -7   | +5   | -10  | -3   | -12  | 0    | -15  | -7   | -16  | -4   | -19  | -12  | -21  | -9   | -24  |
| 10                                                        | +17  | +6   | +24  | +6   | +11  | 0    | +18  | 0    | +27  | 0    | +6   | -5   | +10  | -8   | +2   | -9   | +6   | -12  | -4   | -15  | 0    | -18  | -9   | -20  | -5   | -23  | -15  | -26  | -11  | -29  |
| 18                                                        | +20  | +7   | +28  | +7   | +13  | 0    | +21  | 0    | +33  | 0    | +8   | -5   | +12  | -9   | +2   | -11  | +6   | -15  | -4   | -17  | 0    | -21  | -11  | -24  | -7   | -28  | -18  | -31  | -14  | -35  |
| 30                                                        | +25  | +9   | +34  | +9   | +16  | 0    | +25  | 0    | +39  | 0    | +10  | -6   | +14  | -11  | +3   | -13  | +7   | -18  | -4   | -20  | 0    | -25  | -12  | -28  | -8   | -33  | -21  | -37  | -17  | -42  |
| 40                                                        | +25  | +9   | +34  | +9   | +16  | 0    | +25  | 0    | +39  | 0    | +10  | -6   | +14  | -11  | +3   | -13  | +7   | -18  | -4   | -20  | 0    | -25  | -12  | -28  | -8   | -33  | -21  | -37  | -17  | -42  |
| 50                                                        | +29  | +10  | +40  | +10  | +19  | 0    | +30  | 0    | +46  | 0    | +13  | -6   | +18  | -12  | +4   | -15  | +9   | -21  | -5   | -24  | 0    | -30  | -14  | -33  | -9   | -39  | -26  | -45  | -21  | -51  |
| 65                                                        | +29  | +10  | +40  | +10  | +19  | 0    | +30  | 0    | +46  | 0    | +13  | -6   | +18  | -12  | +4   | -15  | +9   | -21  | -5   | -24  | 0    | -30  | -14  | -33  | -9   | -39  | -26  | -45  | -21  | -51  |
| 80                                                        | +34  | +12  | +47  | +12  | +22  | 0    | +35  | 0    | +54  | 0    | +16  | -6   | +22  | -13  | +4   | -18  | +10  | -25  | -6   | -28  | 0    | -35  | -16  | -38  | -10  | -45  | -30  | -52  | -24  | -59  |
| 100                                                       | +34  | +12  | +47  | +12  | +22  | 0    | +35  | 0    | +54  | 0    | +16  | -6   | +22  | -13  | +4   | -18  | +10  | -25  | -6   | -28  | 0    | -35  | -16  | -38  | -10  | -45  | -30  | -52  | -24  | -59  |
| 120                                                       | +39  | +14  | +54  | +14  | +25  | 0    | +40  | 0    | +63  | 0    | +18  | -7   | +26  | -14  | +4   | -21  | +12  | -28  | -8   | -33  | 0    | -40  | -20  | -45  | -12  | -52  | -36  | -61  | -28  | -68  |
| 140                                                       | +39  | +14  | +54  | +14  | +25  | 0    | +40  | 0    | +63  | 0    | +18  | -7   | +26  | -14  | +4   | -21  | +12  | -28  | -8   | -33  | 0    | -40  | -20  | -45  | -12  | -52  | -36  | -61  | -28  | -68  |
| 160                                                       | +39  | +14  | +54  | +14  | +25  | 0    | +40  | 0    | +63  | 0    | +18  | -7   | +26  | -14  | +4   | -21  | +12  | -28  | -8   | -33  | 0    | -40  | -20  | -45  | -12  | -52  | -36  | -61  | -28  | -68  |
| 180                                                       | +44  | +15  | +61  | +15  | +29  | 0    | +46  | 0    | +72  | 0    | +22  | -7   | +30  | -16  | +5   | -24  | +13  | -33  | -8   | -37  | 0    | -46  | -22  | -51  | -14  | -60  | -41  | -40  | -33  | -79  |
| 200                                                       | +44  | +15  | +61  | +15  | +29  | 0    | +46  | 0    | +72  | 0    | +22  | -7   | +30  | -16  | +5   | -24  | +13  | -33  | -8   | -37  | 0    | -46  | -22  | -51  | -14  | -60  | -41  | -40  | -33  | -79  |
| 225                                                       | +44  | +15  | +61  | +15  | +29  | 0    | +46  | 0    | +72  | 0    | +22  | -7   | +30  | -16  | +5   | -24  | +13  | -33  | -8   | -37  | 0    | -46  | -22  | -51  | -14  | -60  | -41  | -40  | -33  | -79  |
| 250                                                       | +49  | +17  | +69  | +17  | +32  | 0    | +52  | 0    | +81  | 0    | +25  | -7   | +36  | -16  | +5   | -27  | +16  | -36  | -9   | -41  | 0    | -52  | -25  | -57  | -14  | -66  | -47  | -79  | -36  | -88  |
| 280                                                       | +49  | +17  | +69  | +17  | +32  | 0    | +52  | 0    | +81  | 0    | +25  | -7   | +36  | -16  | +5   | -27  | +16  | -36  | -9   | -41  | 0    | -52  | -25  | -57  | -14  | -66  | -47  | -79  | -36  | -88  |
| 315                                                       | +54  | +18  | +75  | +18  | +36  | 0    | +57  | 0    | +89  | 0    | +29  | -7   | +39  | -18  | +7   | -29  | +17  | -40  | -10  | -46  | 0    | -57  | -26  | -62  | -16  | -73  | -51  | -87  | -41  | -98  |
| 355                                                       | +54  | +18  | +75  | +18  | +36  | 0    | +57  | 0    | +89  | 0    | +29  | -7   | +39  | -18  | +7   | -29  | +17  | -40  | -10  | -46  | 0    | -57  | -26  | -62  | -16  | -73  | -51  | -87  | -41  | -98  |
| 400                                                       | +60  | +20  | +83  | +20  | +40  | 0    | +63  | 0    | +97  | 0    | +33  | -7   | +43  | -20  | +8   | -32  | +18  | -45  | -10  | -50  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 450                                                       | +60  | +20  | +83  | +20  | +40  | 0    | +63  | 0    | +97  | 0    | +33  | -7   | +43  | -20  | +8   | -32  | +18  | -45  | -10  | -50  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 500                                                       | +66  | +22  | +92  | +22  | +44  | 0    | +70  | 0    | +110 | 0    |      |      |      |      | 0    | -44  | 0    | -70  | -26  | -70  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 560                                                       | +66  | +22  | +92  | +22  | +44  | 0    | +70  | 0    | +110 | 0    |      |      |      |      | 0    | -44  | 0    | -70  | -26  | -70  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 630                                                       | +74  | +24  | +104 | +24  | +50  | 0    | +80  | 0    | +125 | 0    |      |      |      |      | 0    | -50  | 0    | -80  | -30  | -80  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 710                                                       | +74  | +24  | +104 | +24  | +50  | 0    | +80  | 0    | +125 | 0    |      |      |      |      | 0    | -50  | 0    | -80  | -30  | -80  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 800                                                       | +82  | +26  | +116 | +26  | +56  | 0    | +90  | 0    | +140 | 0    |      |      |      |      | 0    | -56  | 0    | -90  | -34  | -90  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 900                                                       | +82  | +26  | +116 | +26  | +56  | 0    | +90  | 0    | +140 | 0    |      |      |      |      | 0    | -56  | 0    | -90  | -34  | -90  | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 1000                                                      | +94  | +28  | +133 | +28  | +66  | 0    | +105 | 0    | +165 | 0    |      |      |      |      | 0    | -66  | 0    | -105 | -40  | -106 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 1120                                                      | +94  | +28  | +133 | +28  | +66  | 0    | +105 | 0    | +165 | 0    |      |      |      |      | 0    | -66  | 0    | -105 | -40  | -106 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 1250                                                      | +108 | +30  | +155 | +30  | +78  | 0    | +125 | 0    | +195 | 0    |      |      |      |      | 0    | -78  | 0    | -125 | -48  | -126 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 1400                                                      | +108 | +30  | +155 | +30  | +78  | 0    | +125 | 0    | +195 | 0    |      |      |      |      | 0    | -78  | 0    | -125 | -48  | -126 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 1600                                                      | +124 | +32  | +182 | +32  | +92  | 0    | +150 | 0    | +230 | 0    |      |      |      |      | 0    | -92  | 0    | -150 | -58  | -150 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 1800                                                      | +124 | +32  | +182 | +32  | +92  | 0    | +150 | 0    | +230 | 0    |      |      |      |      | 0    | -92  | 0    | -150 | -58  | -150 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |
| 2000                                                      | +124 | +32  | +182 | +32  | +92  | 0    | +150 | 0    | +230 | 0    |      |      |      |      | 0    | -92  | 0    | -150 | -58  | -150 | 0    | -63  | -27  | -67  | -17  | -80  | -55  | -95  | -45  | -108 |

NTN

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
NTN sudamericana S.A.  
[www.ntnsudamericana.com](http://www.ntnsudamericana.com)



### Ajustes contra ejes

| Unidad $\mu$ m |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |             | Diámetro interior nominal del rodamiento<br><br>d<br>mm<br>más de Incl. |     |            |     |
|----------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|------------|-----|
| js6            |     | k5         |     | k6         |     | m5         |     | m6         |     | n6         |     | p6         |             |                                                                         |     | r6         |     |
| rodamiento     | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje         |                                                                         |     | rodamiento | eje |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |             |                                                                         |     |            |     |
| 12T ~ 4L       |     | 14T ~ 1T   |     | 17T ~ 1T   |     | 17T ~ 4T   |     | 20T ~ 4T   |     | 24T ~ 8T   |     | 28T ~ 12T  | —           | —                                                                       | 3   | 6          |     |
| 12.5T ~ 4.5L   |     | 15T ~ 1T   |     | 18T ~ 1T   |     | 20T ~ 6T   |     | 23T ~ 6T   |     | 27T ~ 10T  |     | 32T ~ 15T  | —           | —                                                                       | 6   | 10         |     |
| 13.5T ~ 5.5L   |     | 17T ~ 1T   |     | 20T ~ 1T   |     | 23T ~ 7T   |     | 26T ~ 7T   |     | 31T ~ 12T  |     | 37T ~ 18T  | —           | —                                                                       | 10  | 18         |     |
| 16.5T ~ 6.5L   |     | 21T ~ 2T   |     | 25T ~ 2T   |     | 27T ~ 8T   |     | 31T ~ 8T   |     | 38T ~ 15T  |     | 45T ~ 22T  | —           | —                                                                       | 18  | 30         |     |
| 20T ~ 8L       |     | 25T ~ 2T   |     | 30T ~ 2T   |     | 32T ~ 9T   |     | 37T ~ 9T   |     | 45T ~ 17T  |     | 54T ~ 26T  | —           | —                                                                       | 30  | 50         |     |
| 24.5T ~ 9.5L   |     | 30T ~ 2T   |     | 36T ~ 2T   |     | 39T ~ 11T  |     | 45T ~ 11T  |     | 54T ~ 20T  |     | 66T ~ 32T  | —           | —                                                                       | 50  | 80         |     |
| 31T ~ 11L      |     | 38T ~ 3T   |     | 45T ~ 2T   |     | 48T ~ 13T  |     | 55T ~ 13T  |     | 65T ~ 23T  |     | 79T ~ 37T  | —           | —                                                                       | 80  | 120        |     |
| 37.5T ~ 12.5L  |     | 46T ~ 3T   |     | 53T ~ 3T   |     | 58T ~ 15T  |     | 65T ~ 15T  |     | 77T ~ 27T  |     | 93T ~ 43T  | 113T ~ 63T  |                                                                         | 120 | 140        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 115T ~ 65T  |                                                                         | 140 | 160        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 118T ~ 68T  |                                                                         | 160 | 180        |     |
| 44.5T ~ 14.5L  |     | 54T ~ 4T   |     | 63T ~ 4T   |     | 67T ~ 17T  |     | 76T ~ 17T  |     | 90T ~ 31T  |     | 109T ~ 50T | 136T ~ 77T  |                                                                         | 180 | 200        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 139T ~ 80T  |                                                                         | 200 | 225        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 143T ~ 84T  |                                                                         | 225 | 250        |     |
| 51T ~ 16L      |     | 62T ~ 4T   |     | 71T ~ 4T   |     | 78T ~ 20T  |     | 87T ~ 20T  |     | 101T ~ 34T |     | 123T ~ 56T | 161T ~ 94T  |                                                                         | 250 | 280        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 165T ~ 98T  |                                                                         | 280 | 315        |     |
| 58T ~ 18L      |     | 69T ~ 4T   |     | 80T ~ 4T   |     | 86T ~ 21T  |     | 97T ~ 21T  |     | 113T ~ 37T |     | 138T ~ 62T | 184T ~ 108T |                                                                         | 315 | 355        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 190T ~ 114T |                                                                         | 355 | 400        |     |
| 65T ~ 20L      |     | 77T ~ 5T   |     | 90T ~ 4T   |     | 95T ~ 23T  |     | 108T ~ 23T |     | 125T ~ 40T |     | 153T ~ 68T | 211T ~ 126T |                                                                         | 400 | 450        |     |
|                |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            | 217T ~ 132T |                                                                         | 450 | 500        |     |

| Diámetro interior nominal del rodamiento<br>d<br>mm<br>más de Incluye |     | Desviación del diámetro interior promedio<br>$\Delta_{dmp}$<br>alta baja |     | g5         |     | g6         |     | h5         |     | h6         |     | j5         |     | js5           |     | j6         |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|---------------|-----|------------|-----|
| rodamiento                                                            | eje | rodamiento                                                               | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento | eje | rodamiento    | eje | rodamiento | eje |
|                                                                       |     |                                                                          |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |               |     |            |     |
| 3 6                                                                   |     | 0 -8                                                                     |     | 4T ~ 9L    |     | 4T ~ 12L   |     | 8T ~ 5L    |     | 8T ~ 8L    |     | 11T ~ 2L   |     | 10.5T ~ 2.5L  |     | 14T ~ 2L   |     |
| 6 10                                                                  |     | 0 -8                                                                     |     | 3T ~ 11L   |     | 3T ~ 14L   |     | 8T ~ 6L    |     | 8T ~ 9L    |     | 12T ~ 2L   |     | 11T ~ 3L      |     | 15T ~ 2L   |     |
| 10 18                                                                 |     | 0 -8                                                                     |     | 2T ~ 14L   |     | 2T ~ 17L   |     | 8T ~ 8L    |     | 8T ~ 11L   |     | 13T ~ 3L   |     | 12T ~ 4L      |     | 16T ~ 3L   |     |
| 18 30                                                                 |     | 0 -10                                                                    |     | 3T ~ 16L   |     | 3T ~ 20L   |     | 10T ~ 9L   |     | 10T ~ 13L  |     | 15T ~ 4L   |     | 14.5T ~ 4.5L  |     | 19T ~ 4L   |     |
| 30 50                                                                 |     | 0 -12                                                                    |     | 3T ~ 20L   |     | 3T ~ 25L   |     | 12T ~ 11L  |     | 12T ~ 16L  |     | 18T ~ 5L   |     | 17.5T ~ 5.5L  |     | 23T ~ 5L   |     |
| 50 80                                                                 |     | 0 -15                                                                    |     | 5T ~ 23L   |     | 5T ~ 29L   |     | 15T ~ 13L  |     | 15T ~ 19L  |     | 21T ~ 7L   |     | 21.5T ~ 6.5L  |     | 27T ~ 7L   |     |
| 80 120                                                                |     | 0 -20                                                                    |     | 8T ~ 27L   |     | 8T ~ 34L   |     | 20T ~ 15L  |     | 20T ~ 22L  |     | 26T ~ 9L   |     | 27.5T ~ 7.5L  |     | 33T ~ 9L   |     |
| 120 140<br>140 160<br>160 180                                         |     | 0 -25                                                                    |     | 11T ~ 32L  |     | 11T ~ 39L  |     | 25T ~ 18L  |     | 25T ~ 25L  |     | 32T ~ 11L  |     | 34T ~ 9L      |     | 39T ~ 11L  |     |
| 180 200<br>200 225<br>225 250                                         |     | 0 -30                                                                    |     | 15T ~ 35L  |     | 15T ~ 44L  |     | 30T ~ 20L  |     | 30T ~ 29L  |     | 37T ~ 13L  |     | 40T ~ 10L     |     | 46T ~ 13L  |     |
| 250 280<br>280 315                                                    |     | 0 -35                                                                    |     | 18T ~ 40L  |     | 18T ~ 49L  |     | 35T ~ 23L  |     | 35T ~ 32L  |     | 42T ~ 16L  |     | 46.5T ~ 11.5L |     | 51T ~ 16L  |     |
| 315 355<br>355 400                                                    |     | 0 -40                                                                    |     | 22T ~ 43L  |     | 22T ~ 54L  |     | 40T ~ 25L  |     | 40T ~ 36L  |     | 47T ~ 18L  |     | 52.5T ~ 12.5L |     | 58T ~ 18L  |     |
| 400 450<br>450 500                                                    |     | 0 -45                                                                    |     | 25T ~ 47L  |     | 25T ~ 60L  |     | 45T ~ 27L  |     | 45T ~ 40L  |     | 52T ~ 20L  |     | 58.5T ~ 13.5L |     | 65T ~ 20L  |     |

1 La tabla de arriba no es aplicable para rodamientos de rodillos cónicos cuyo diámetro interior d es 30mm o menor.



### Ajuste contra alojamientos

Unidad  $\mu\text{m}$

| Diámetro exterior nominal del rodamiento<br>D<br>mm | Desviación <sup>2</sup> del diámetro exterior promedio<br>$\Delta D_{mp}$ | G7         |        | H6      |        | H7       |        | J6       |        | J7        |        | Js7           |        | K6        |        |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------|--------|---------------|--------|-----------|--------|
|                                                     |                                                                           | alojam.    | rodam. | alojam. | rodam. | alojam.  | rodam. | alojam.  | rodam. | alojam.   | rodam. | alojam.       | rodam. | alojam.   | rodam. |
| más de incluye                                      | alta baja                                                                 |            |        |         |        |          |        |          |        |           |        |               |        |           |        |
| 6 10                                                | 0 -8                                                                      | 5L ~ 28L   |        | 0 ~ 17L |        | 0 ~ 23L  |        | 4T ~ 13L |        | 7T ~ 16L  |        | 7.5T ~ 15.5L  |        | 7T ~ 10L  |        |
| 10 18                                               | 0 -8                                                                      | 6L ~ 32L   |        | 0 ~ 19L |        | 0 ~ 26L  |        | 5T ~ 14L |        | 8T ~ 18L  |        | 9T ~ 17L      |        | 9T ~ 10L  |        |
| 18 30                                               | 0 -9                                                                      | 7L ~ 37L   |        | 0 ~ 22L |        | 0 ~ 30L  |        | 5T ~ 17L |        | 9T ~ 21L  |        | 10.5T ~ 19.5L |        | 11T ~ 11L |        |
| 30 50                                               | 0 -11                                                                     | 9L ~ 45L   |        | 0 ~ 27L |        | 0 ~ 36L  |        | 6T ~ 21L |        | 11T ~ 25L |        | 12.5T ~ 23.5L |        | 13T ~ 14L |        |
| 50 80                                               | 0 -13                                                                     | 10L ~ 53L  |        | 0 ~ 32L |        | 0 ~ 43L  |        | 6T ~ 26L |        | 12T ~ 31L |        | 15T ~ 28L     |        | 15T ~ 17L |        |
| 80 120                                              | 0 -15                                                                     | 12L ~ 62L  |        | 0 ~ 37L |        | 0 ~ 50L  |        | 6T ~ 31L |        | 13T ~ 37L |        | 17.5T ~ 32.5L |        | 18T ~ 19L |        |
| 120 150                                             | 0 -18                                                                     | 14L ~ 72L  |        | 0 ~ 43L |        | 0 ~ 58L  |        | 7T ~ 36L |        | 14T ~ 44L |        | 20T ~ 38L     |        | 21T ~ 22L |        |
| 150 180                                             | 0 -25                                                                     | 14L ~ 79L  |        | 0 ~ 50L |        | 0 ~ 65L  |        | 7T ~ 43L |        | 14T ~ 51L |        | 20T ~ 45L     |        | 21T ~ 29L |        |
| 180 250                                             | 0 -30                                                                     | 15L ~ 91L  |        | 0 ~ 59L |        | 0 ~ 76L  |        | 7T ~ 52L |        | 16T ~ 60L |        | 23T ~ 53L     |        | 24T ~ 35L |        |
| 250 315                                             | 0 -35                                                                     | 17L ~ 104L |        | 0 ~ 67L |        | 0 ~ 87L  |        | 7T ~ 60L |        | 16T ~ 71L |        | 26T ~ 61L     |        | 27T ~ 40L |        |
| 315 400                                             | 0 -40                                                                     | 18L ~ 115L |        | 0 ~ 76L |        | 0 ~ 97L  |        | 7T ~ 69L |        | 18T ~ 79L |        | 28.5T ~ 68.5L |        | 29T ~ 47L |        |
| 400 500                                             | 0 -45                                                                     | 20L ~ 128L |        | 0 ~ 85L |        | 0 ~ 108L |        | 7T ~ 78L |        | 20T ~ 88L |        | 31.5T ~ 76.5L |        | 32T ~ 53L |        |

2 La tabla de arriba no es aplicable a rodamientos de rodillos cónicos cuyo diámetro exterior

D sea 150mm o menos.

Nota: El símbolo de ajuste "L" indica holgura y el símbolo "T" indica interferencia.

|           |           |           |           | Unidad $\mu\text{m}$                                |        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------------------------|--------|
| K7        | M7        | N7        | P7        | Diámetro exterior nominal del rodamiento<br>D<br>mm |        |
| alojam.   | rodam.    | alojam.   | rodam.    | alojam.                                             | rodam. |
|           |           |           |           | más de Incl.                                        |        |
| 10T ~ 13L | 15T ~ 8L  | 19T ~ 4L  | 24T ~ 1T  | 6                                                   | 10     |
| 12T ~ 14L | 18T ~ 8L  | 23T ~ 3L  | 29T ~ 3T  | 10                                                  | 18     |
| 15T ~ 15L | 21T ~ 9L  | 28T ~ 2L  | 35T ~ 5T  | 18                                                  | 30     |
| 18T ~ 18L | 25T ~ 11L | 33T ~ 3L  | 42T ~ 6T  | 30                                                  | 50     |
| 21T ~ 22L | 30T ~ 13L | 39T ~ 4L  | 51T ~ 8T  | 50                                                  | 80     |
| 25T ~ 25L | 35T ~ 15L | 45T ~ 5L  | 59T ~ 9T  | 80                                                  | 120    |
| 28T ~ 30L | 40T ~ 18L | 52T ~ 6L  | 68T ~ 10T | 120                                                 | 150    |
| 28T ~ 37L | 40T ~ 25L | 52T ~ 13L | 68T ~ 3T  | 150                                                 | 180    |
| 33T ~ 43L | 46T ~ 30L | 60T ~ 16L | 79T ~ 3T  | 180                                                 | 250    |
| 36T ~ 51L | 52T ~ 35L | 66T ~ 21L | 88T ~ 1T  | 250                                                 | 315    |
| 40T ~ 57L | 57T ~ 40L | 73T ~ 24L | 98T ~ 1T  | 315                                                 | 400    |
| 45T ~ 63L | 63T ~ 45L | 80T ~ 28L | 108T ~ 0  | 400                                                 | 500    |

### Tolerancias básicas

Unidad  $\mu m$

| División de los diámetros mm |       | Clases de tolerancia básica IT |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|------------------------------|-------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| más de                       | Incl. | IT1                            | IT2 | IT3 | IT4 | IT5 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 | IT10 |
| —                            | 3     | 0.8                            | 1.2 | 2   | 3   | 4   | 6   | 10  | 14  | 25  | 40   |
| 3                            | 6     | 1                              | 1.5 | 2.5 | 4   | 5   | 8   | 12  | 18  | 30  | 48   |
| 6                            | 10    | 1                              | 1.5 | 2.5 | 4   | 6   | 9   | 15  | 22  | 36  | 58   |
| 10                           | 18    | 1.2                            | 2   | 3   | 5   | 8   | 11  | 18  | 27  | 43  | 70   |
| 18                           | 30    | 1.5                            | 2.5 | 4   | 6   | 9   | 13  | 21  | 33  | 52  | 84   |
| 30                           | 50    | 1.5                            | 2.5 | 4   | 7   | 11  | 16  | 25  | 39  | 62  | 100  |
| 50                           | 80    | 2                              | 3   | 5   | 8   | 13  | 19  | 30  | 46  | 74  | 120  |
| 80                           | 120   | 2.5                            | 4   | 6   | 10  | 15  | 22  | 35  | 54  | 87  | 140  |
| 120                          | 180   | 3.5                            | 5   | 8   | 12  | 18  | 25  | 40  | 63  | 100 | 160  |
| 180                          | 250   | 4.5                            | 7   | 10  | 14  | 20  | 29  | 46  | 72  | 115 | 185  |
| 250                          | 315   | 6                              | 8   | 12  | 16  | 23  | 32  | 52  | 81  | 130 | 210  |
| 315                          | 400   | 7                              | 9   | 13  | 18  | 25  | 36  | 57  | 89  | 140 | 230  |
| 400                          | 500   | 8                              | 10  | 15  | 20  | 27  | 40  | 63  | 97  | 155 | 250  |
| 500                          | 630   | 9                              | 11  | 16  | 22  | 30  | 44  | 70  | 110 | 175 | 280  |
| 630                          | 800   | 10                             | 13  | 18  | 25  | 35  | 50  | 80  | 125 | 200 | 320  |
| 800                          | 1 000 | 11                             | 15  | 21  | 29  | 40  | 56  | 90  | 140 | 230 | 360  |
| 1 000                        | 1 250 | 13                             | 18  | 24  | 34  | 46  | 66  | 105 | 165 | 260 | 420  |
| 1 250                        | 1 600 | 15                             | 21  | 29  | 40  | 54  | 78  | 125 | 195 | 310 | 500  |
| 1 600                        | 2 000 | 18                             | 25  | 35  | 48  | 65  | 92  | 150 | 230 | 370 | 600  |
| 2 000                        | 2 500 | 22                             | 30  | 41  | 57  | 77  | 110 | 175 | 280 | 440 | 700  |
| 2 500                        | 3 150 | 26                             | 36  | 50  | 69  | 93  | 135 | 210 | 330 | 540 | 860  |

### Juego radial interno de rodamientos de rodillos esféricos

Unidad  $\mu m$

| Diámetro interior nominal<br>d mm<br>más de    Incl. |       | Rodamientos con diámetro interior cilíndrico |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      |       | C2                                           |      | CN   |      | C3   |       | C4    |       | C5    |       |
|                                                      |       | min.                                         | max. | min. | max. | min. | max.  | min.  | max.  | min.  | max.  |
| 14                                                   | 18    | 10                                           | 20   | 20   | 35   | 35   | 45    | 45    | 60    | 60    | 75    |
| 18                                                   | 24    | 10                                           | 20   | 20   | 35   | 35   | 45    | 45    | 60    | 60    | 75    |
| 24                                                   | 30    | 15                                           | 25   | 25   | 40   | 40   | 55    | 55    | 75    | 75    | 95    |
| 30                                                   | 40    | 15                                           | 30   | 30   | 45   | 45   | 60    | 60    | 80    | 80    | 100   |
| 40                                                   | 50    | 20                                           | 35   | 35   | 55   | 55   | 75    | 75    | 100   | 100   | 125   |
| 50                                                   | 65    | 20                                           | 40   | 40   | 65   | 65   | 90    | 90    | 120   | 120   | 150   |
| 65                                                   | 80    | 30                                           | 50   | 50   | 80   | 80   | 110   | 110   | 145   | 145   | 180   |
| 80                                                   | 100   | 35                                           | 60   | 60   | 100  | 100  | 135   | 135   | 180   | 180   | 225   |
| 100                                                  | 120   | 40                                           | 75   | 75   | 120  | 120  | 160   | 160   | 210   | 210   | 260   |
| 120                                                  | 140   | 50                                           | 95   | 95   | 145  | 145  | 190   | 190   | 240   | 240   | 300   |
| 140                                                  | 160   | 60                                           | 110  | 110  | 170  | 170  | 220   | 220   | 280   | 280   | 350   |
| 160                                                  | 180   | 65                                           | 120  | 120  | 180  | 180  | 240   | 240   | 310   | 310   | 390   |
| 180                                                  | 200   | 70                                           | 130  | 130  | 200  | 200  | 260   | 260   | 340   | 340   | 430   |
| 200                                                  | 225   | 80                                           | 140  | 140  | 220  | 220  | 290   | 290   | 380   | 380   | 470   |
| 225                                                  | 250   | 90                                           | 150  | 150  | 240  | 240  | 320   | 320   | 420   | 420   | 520   |
| 250                                                  | 280   | 100                                          | 170  | 170  | 260  | 260  | 350   | 350   | 460   | 460   | 570   |
| 280                                                  | 315   | 110                                          | 190  | 190  | 280  | 280  | 370   | 370   | 500   | 500   | 630   |
| 315                                                  | 355   | 120                                          | 200  | 200  | 310  | 310  | 410   | 410   | 550   | 550   | 690   |
| 355                                                  | 400   | 130                                          | 220  | 220  | 340  | 340  | 450   | 450   | 600   | 600   | 750   |
| 400                                                  | 450   | 140                                          | 240  | 240  | 370  | 370  | 500   | 500   | 660   | 660   | 820   |
| 450                                                  | 500   | 140                                          | 260  | 260  | 410  | 410  | 550   | 550   | 720   | 720   | 900   |
| 500                                                  | 560   | 150                                          | 280  | 280  | 440  | 440  | 600   | 600   | 780   | 780   | 1,000 |
| 560                                                  | 630   | 170                                          | 310  | 310  | 480  | 480  | 650   | 650   | 850   | 850   | 1,100 |
| 630                                                  | 710   | 190                                          | 350  | 350  | 530  | 530  | 700   | 700   | 920   | 920   | 1,190 |
| 710                                                  | 800   | 210                                          | 390  | 390  | 580  | 580  | 770   | 770   | 1,010 | 1,010 | 1,300 |
| 800                                                  | 900   | 230                                          | 430  | 430  | 650  | 650  | 860   | 860   | 1,120 | 1,120 | 1,440 |
| 900                                                  | 1,000 | 260                                          | 480  | 480  | 710  | 710  | 930   | 930   | 1,220 | 1,220 | 1,570 |
| 1,000                                                | 1,120 | 290                                          | 530  | 530  | 780  | 780  | 1,020 | 1,020 | 1,330 | 1,330 | 1,720 |
| 1,120                                                | 1,250 | 320                                          | 580  | 580  | 860  | 860  | 1,120 | 1,120 | 1,460 | 1,460 | 1,870 |
| 1,250                                                | 1,400 | 350                                          | 640  | 640  | 950  | 950  | 1,240 | 1,240 | 1,620 | 1,620 | 2,080 |



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**NTN sudamericana S.A.**

[www.ntnsudamericana.com](http://www.ntnsudamericana.com)

### Juego radial interno de rodamientos de rodillos esféricos

Unidad  $\mu m$

| Rodamientos con diámetro interior cónico |      |      |       |       |       |       |       |       |       | Diámetro interior nominal |       |
|------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|
| C2                                       |      | CN   |       | C3    |       | C4    |       | C5    |       | d mm                      |       |
| mín.                                     | max. | mín. | max.  | mín.  | max.  | mín.  | max.  | mín.  | max.  | más de                    | incl. |
| —                                        | —    | —    | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 14                        | 18    |
| 15                                       | 25   | 25   | 35    | 35    | 45    | 45    | 60    | 60    | 75    | 18                        | 24    |
| 20                                       | 30   | 30   | 40    | 40    | 55    | 55    | 75    | 75    | 95    | 24                        | 30    |
| 25                                       | 35   | 35   | 50    | 50    | 65    | 65    | 85    | 85    | 105   | 30                        | 40    |
| 30                                       | 45   | 45   | 60    | 60    | 80    | 80    | 100   | 100   | 130   | 40                        | 50    |
| 40                                       | 55   | 55   | 75    | 75    | 95    | 95    | 120   | 120   | 160   | 50                        | 65    |
| 50                                       | 70   | 70   | 95    | 95    | 120   | 120   | 150   | 150   | 200   | 65                        | 80    |
| 55                                       | 80   | 80   | 110   | 110   | 140   | 140   | 180   | 180   | 230   | 80                        | 100   |
| 65                                       | 100  | 100  | 135   | 135   | 170   | 170   | 220   | 220   | 280   | 100                       | 120   |
| 80                                       | 120  | 120  | 160   | 160   | 200   | 200   | 260   | 260   | 330   | 120                       | 140   |
| 90                                       | 130  | 130  | 180   | 180   | 230   | 230   | 300   | 300   | 380   | 140                       | 160   |
| 100                                      | 140  | 140  | 200   | 200   | 260   | 260   | 340   | 340   | 430   | 160                       | 180   |
| 110                                      | 160  | 160  | 220   | 220   | 290   | 290   | 370   | 370   | 470   | 180                       | 200   |
| 120                                      | 180  | 180  | 250   | 250   | 320   | 320   | 410   | 410   | 520   | 200                       | 225   |
| 140                                      | 200  | 200  | 270   | 270   | 350   | 350   | 450   | 450   | 570   | 225                       | 250   |
| 150                                      | 220  | 220  | 300   | 300   | 390   | 390   | 490   | 490   | 620   | 250                       | 280   |
| 170                                      | 240  | 240  | 330   | 330   | 430   | 430   | 540   | 540   | 680   | 280                       | 315   |
| 190                                      | 270  | 270  | 360   | 360   | 470   | 470   | 590   | 590   | 740   | 315                       | 355   |
| 210                                      | 300  | 300  | 400   | 400   | 520   | 520   | 650   | 650   | 820   | 355                       | 400   |
| 230                                      | 330  | 330  | 440   | 440   | 570   | 570   | 720   | 720   | 910   | 400                       | 450   |
| 260                                      | 370  | 370  | 490   | 490   | 630   | 630   | 790   | 790   | 1,000 | 450                       | 500   |
| 290                                      | 410  | 410  | 540   | 540   | 680   | 680   | 870   | 870   | 1,100 | 500                       | 560   |
| 320                                      | 460  | 460  | 600   | 600   | 760   | 760   | 980   | 980   | 1,230 | 560                       | 630   |
| 350                                      | 510  | 510  | 670   | 670   | 850   | 850   | 1,090 | 1,090 | 1,360 | 630                       | 710   |
| 390                                      | 570  | 570  | 750   | 750   | 960   | 960   | 1,220 | 1,220 | 1,500 | 710                       | 800   |
| 440                                      | 640  | 640  | 840   | 840   | 1,070 | 1,070 | 1,370 | 1,370 | 1,690 | 800                       | 900   |
| 490                                      | 710  | 710  | 930   | 930   | 1,190 | 1,190 | 1,520 | 1,520 | 1,860 | 900                       | 1,000 |
| 530                                      | 770  | 770  | 1,030 | 1,030 | 1,300 | 1,300 | 1,670 | 1,670 | 2,050 | 1,000                     | 1,120 |
| 570                                      | 830  | 830  | 1,120 | 1,120 | 1,420 | 1,420 | 1,830 | 1,830 | 2,250 | 1,120                     | 1,250 |
| 620                                      | 910  | 910  | 1,230 | 1,230 | 1,560 | 1,560 | 2,000 | 2,000 | 2,470 | 1,250                     | 1,400 |

### Instalación de rodamientos de rodillos esféricos con diámetro interior cónico

Unidad mm

| Diámetro Interior nominal del rodamiento d |       | Reducción del juego radial interno |       | Desplazamiento axial |      |                 |      | Juego interno residual mínimo permitido |       |       |
|--------------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|----------------------|------|-----------------|------|-----------------------------------------|-------|-------|
| Más de                                     | Incl. | Min                                | Max   | Conicidad, 1:12      |      | Conicidad, 1:30 |      | CN                                      | C3    | C4    |
|                                            |       |                                    |       | Min                  | Max  | Min             | Max  |                                         |       |       |
| 30                                         | 40    | 0.02                               | 0.025 | 0.35                 | 0.4  | —               | —    | 0.015                                   | 0.025 | 0.04  |
| 40                                         | 50    | 0.025                              | 0.03  | 0.4                  | 0.45 | —               | —    | 0.02                                    | 0.03  | 0.05  |
| 50                                         | 65    | 0.03                               | 0.035 | 0.45                 | 0.6  | —               | —    | 0.025                                   | 0.035 | 0.055 |
| 65                                         | 80    | 0.04                               | 0.045 | 0.6                  | 0.7  | —               | —    | 0.025                                   | 0.04  | 0.07  |
| 80                                         | 100   | 0.045                              | 0.055 | 0.7                  | 0.8  | 1.75            | 2.25 | 0.035                                   | 0.05  | 0.08  |
| 100                                        | 120   | 0.05                               | 0.06  | 0.75                 | 0.9  | 1.9             | 2.25 | 0.05                                    | 0.065 | 0.1   |
| 120                                        | 140   | 0.065                              | 0.075 | 1.1                  | 1.2  | 2.75            | 3    | 0.055                                   | 0.08  | 0.11  |
| 140                                        | 160   | 0.075                              | 0.09  | 1.2                  | 1.4  | 3               | 3.75 | 0.055                                   | 0.09  | 0.13  |
| 160                                        | 180   | 0.08                               | 0.1   | 1.3                  | 1.6  | 3.25            | 4    | 0.06                                    | 0.1   | 0.15  |
| 180                                        | 200   | 0.09                               | 0.11  | 1.4                  | 1.7  | 3.5             | 4.25 | 0.07                                    | 0.1   | 0.16  |
| 200                                        | 225   | 0.1                                | 0.12  | 1.6                  | 1.9  | 4               | 4.75 | 0.08                                    | 0.12  | 0.18  |
| 225                                        | 250   | 0.11                               | 0.13  | 1.7                  | 2    | 4.25            | 5    | 0.09                                    | 0.13  | 0.2   |
| 250                                        | 280   | 0.12                               | 0.15  | 1.9                  | 2.4  | 4.75            | 6    | 0.1                                     | 0.14  | 0.22  |
| 280                                        | 315   | 0.13                               | 0.16  | 2                    | 2.5  | 5               | 6.25 | 0.11                                    | 0.15  | 0.24  |
| 315                                        | 355   | 0.15                               | 0.18  | 2.4                  | 2.8  | 6               | 7    | 0.12                                    | 0.17  | 0.26  |
| 355                                        | 400   | 0.17                               | 0.21  | 2.6                  | 3.3  | 6.5             | 8.25 | 0.13                                    | 0.19  | 0.29  |
| 400                                        | 450   | 0.2                                | 0.24  | 3.1                  | 3.7  | 7.75            | 9.25 | 0.13                                    | 0.2   | 0.31  |
| 450                                        | 500   | 0.21                               | 0.26  | 3.3                  | 4    | 8.25            | 10   | 0.16                                    | 0.23  | 0.35  |
| 500                                        | 560   | 0.24                               | 0.3   | 3.7                  | 4.6  | 9.25            | 11.5 | 0.17                                    | 0.25  | 0.36  |
| 560                                        | 630   | 0.26                               | 0.33  | 4                    | 5.1  | 10              | 12.5 | 0.2                                     | 0.29  | 0.41  |
| 630                                        | 710   | 0.3                                | 0.37  | 4.6                  | 5.7  | 11.5            | 14.5 | 0.21                                    | 0.31  | 0.45  |
| 710                                        | 800   | 0.34                               | 0.43  | 5.3                  | 6.7  | 13.3            | 16.5 | 0.23                                    | 0.35  | 0.51  |
| 800                                        | 900   | 0.37                               | 0.47  | 5.7                  | 7.3  | 14.3            | 18.5 | 0.27                                    | 0.39  | 0.57  |
| 900                                        | 1,000 | 0.41                               | 0.53  | 6.3                  | 8.2  | 15.8            | 20.5 | 0.3                                     | 0.43  | 0.64  |
| 1,000                                      | 1,120 | 0.45                               | 0.58  | 6.8                  | 8.7  | 17              | 22.5 | 0.32                                    | 0.48  | 0.7   |
| 1,120                                      | 1,250 | 0.49                               | 0.63  | 7.4                  | 9.4  | 18.5            | 24.5 | 0.34                                    | 0.54  | 0.77  |



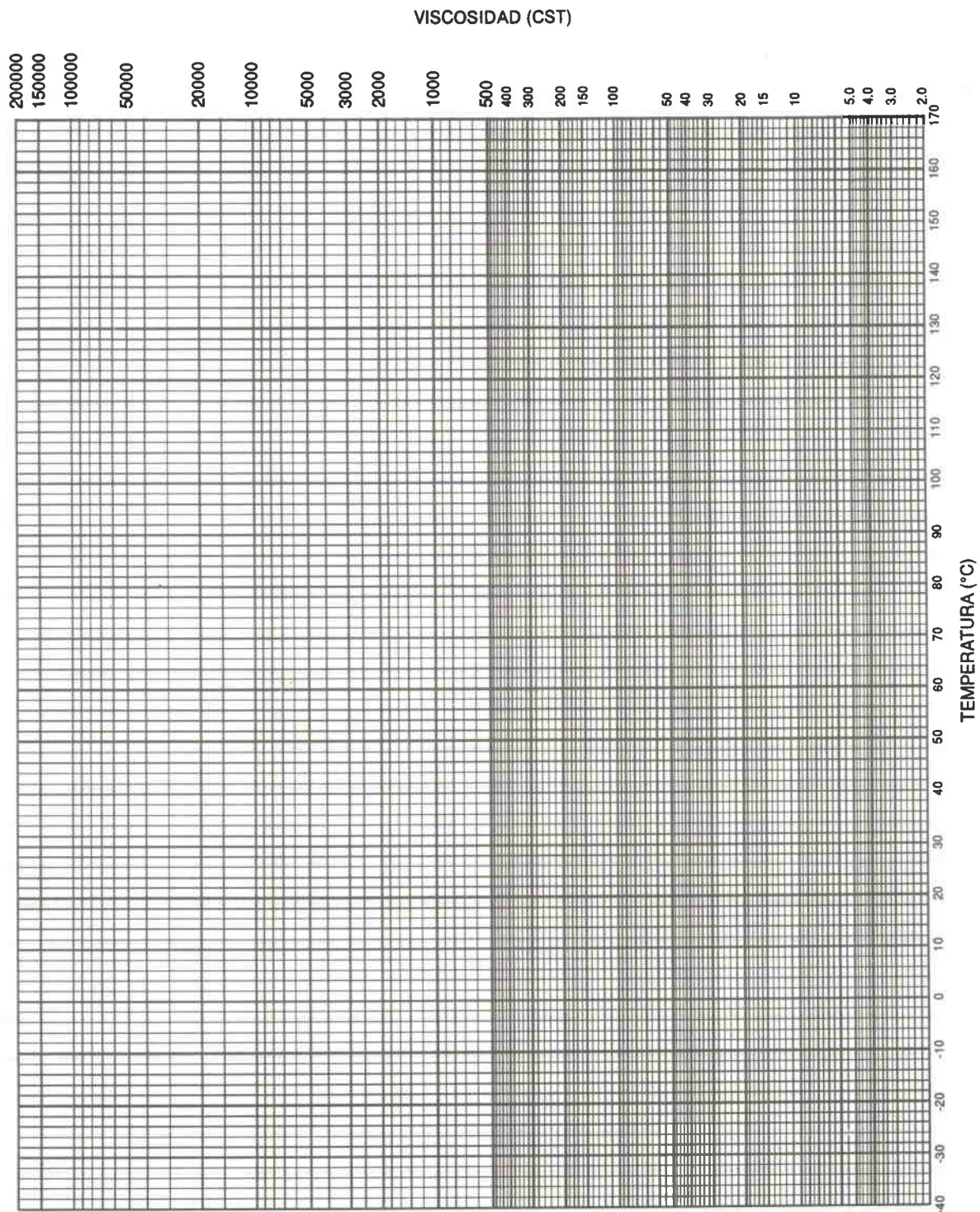
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**NTN sudamericana S.A.**

[www.ntnsudamericana.com](http://www.ntnsudamericana.com)



### VISCOSIDAD vs. TEMPERATURA



NTN





NTN Sudamericana.S.A.  
Edif. World Trade Center Panamá, Piso 16  
Teléfono: ( 507 ) 269-4777  
Faxes: (507) 264-5592 / 269-7632

Representaciones en América

NTN Argentina  
Buenos Aires, Argentina  
N. De Vedia No.1644, 2 Piso, Ofic. No. 2  
Teléfono: 0054-11-4704-5512  
Fax: 0054-11-4704-6894

NTN Colombia  
Bogota, Colombia  
Calle 81No. 11-68, Oficina 601  
Teléfonos: (571) 618-0739  
Fax: (571) 618-0756



[www.ntnsudamericana.com](http://www.ntnsudamericana.com)

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
**NTN sudamericana S.A.**  
[www.ntnsudamericana.com](http://www.ntnsudamericana.com)

## NOTAS

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

## This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.