
NORMA CUBANA

NC

ISO 15312: 2013
(Publicada por la ISO en 2003)

**COJINETES DE RODAMIENTO—VELOCIDAD LÍMITE POR
CRITERIO TÉRMICO—CÁLCULO Y COEFICIENTES
(ISO 15312: 2003, CORR: 2004, IDT)**

Rolling bearings—Thermal speed rating—Calculation and coefficients

ICS: 21.100.20

1. Edición Noviembre 2013
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 108 de Elementos de Máquinas integrado por representantes de las siguientes entidades:
 - Facultad de Ingeniería Mecánica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae. MES
 - Instituto de Investigación de Mecanización Agropecuaria. MINAG
 - Instituto de Ciencia Animal. ICA. MES
 - Empresa de Centrales de Mantenimiento a Centrales Eléctricas. MINBAS
 - Centro de Neurociencias de Cuba. Consejo de Estado
 - Instituto Cibernética Matemática y Física. CITMA
 - Oficina Nacional de Normalización. CITMA
- Es una adopción idéntica de la Norma Internacional ISO 15312:2003: *Rolling bearings – Thermal speed rating – Calculation and coefficients.*, Corr:2004
- Incluye los Anexos A y B informativos.

© NC, 2013

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

COJINETES DE RODAMIENTO—VELOCIDAD LÍMITE POR CRITERIO TÉRMICO—CÁLCULO Y COEFICIENTES

1 Objeto

Esta Norma Cubana define la velocidad límite por criterio térmico para cojinetes de rodamiento lubricados por baño de aceite y define los principales cálculos para la determinación de este parámetro. El parámetro determinado de acuerdo con esta norma es aplicable a cojinetes de rodamiento de series y tamaños de diseño estándar o de un diseño que, desde el punto de vista de la fricción, pueda relacionarse con un cojinete de diseño estándar.

En la mayoría de los montajes normales, la temperatura permisible determina la velocidad máxima de operación. Así, el calentamiento en el ensamble es debido al calor generado por el cojinete.

Esta Norma Cubana no es aplicable a los rodamientos axiales de bola debido a que los efectos cinemáticos que se producen en ellos no permiten aplicar el cálculo de la velocidad límite por criterio térmico planteado por esta Norma Cubana.

NOTA 1 En el Anexo A son dados valores medios para los coeficientes f_{0r} y f_{1r} ; donde f_{0r} es empleado para calcular las pérdidas considerando la viscosidad de un cojinete lubricado en baño de aceite y f_{1r} es empleado para calcular las pérdidas considerando la fricción en el cojinete.

NOTA 2 En el Anexo B son definidas las condiciones de referencia para la lubricación con grasa. Las condiciones de referencia se establecen de manera que la capacidad térmica para evaluar la velocidad límite para un cojinete lubricado con grasa sea igual a la del mismo cojinete con lubricación por baño de aceite.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, las enmiendas o las revisiones de estas publicaciones no resultan aplicables. No obstante, se recomienda a las partes que realicen acuerdos basados en esta Norma Cubana, que investiguen la posibilidad de aplicar la edición más reciente de los siguientes documentos normativos indicados a continuación.

- NC-ISO 76:2007, Cojinetes de rodamiento – Capacidad de carga Estática.
- ISO 1132-1:2000, Cojinetes de rodamiento – Tolerancia – Parte 1: Términos y definiciones.
- ISO 5593: 1997, Cojinetes de rodamiento – Vocabulario.
- ISO 5753:1991, Cojinetes de rodamiento – Holgura radial interna.
- ISO 15241, Cojinetes de rodamiento – Símbolos para cantidades.

3 Términos y definiciones

A los fines de este documento se aplican los términos y las definiciones siguientes, así como los establecidos en ISO 1132-1 e ISO 5593.

3.1 Velocidad límite por criterio térmico

Es la velocidad de rotación del aro interior o la arandela vinculada al árbol en la que se alcanza el equilibrio entre el calor generado por fricción en el cojinete de rodamiento y el flujo de calor

disipado a través del asentamiento del cojinete (considerando árbol y alojamiento) bajo condiciones de referencia.

NOTA 1 La velocidad límite por criterio térmico es uno entre los varios criterios que permite la comparación de los diferentes tipos y tamaños de cojinetes de rodamiento considerando su eficacia para la operación a altas velocidades.

NOTA 2 Los criterios cinemáticos y mecánicos que podrían llevar a establecer limitaciones de la velocidad no son considerados para el cálculo de la velocidad límite por capacidad térmica.

3.2 Condiciones de referencia

Para calcular la velocidad límite por criterio térmico se establece que:

a) la temperatura media del aro exterior estacionario o la arandela del alojamiento del cojinete es la temperatura de referencia y la temperatura media del medio ambiente es la temperatura ambiental de referencia;

b) los factores que determinan las pérdidas por fricción en el cojinete son:

- la magnitud y dirección de la carga en el cojinete;
- el método de lubricación, el tipo de lubricante, la cantidad y su viscosidad cinemática;
- otras condiciones de referencia generales;

c) el flujo de calor emitido por el cojinete de rodamiento es considerado como el producto del “calor emitido por el área superficial de transferencia del cojinete de rodamiento” y “la densidad específica de flujo de calor de referencia del cojinete de rodamiento”.

NOTA La emisión de calor bajo las condiciones de referencia está basada en valores empíricos y representa la emisión de calor del cojinete en su ensamble real. Sin embargo, este es independiente del diseño de la disposición y montaje del cojinete.

3.3 Área superficial de transferencia del calor emitido

Es la suma de las áreas en contacto, entre el aro interior (arandela vinculada al árbol) y el árbol y entre el aro exterior (arandela del alojamiento) y el alojamiento, a través de los cuales se emite el flujo de calor.

3.4 Carga de referencia

Es la carga en el cojinete, determinada por las condiciones de referencia, que crea un momento de fricción dependiente de la carga.

3.5 Flujo de calor de referencia

Es el flujo de calor, emitido por conducción térmica a través de la superficie de transferencia, y causado por la resistencia a la fricción, cuando el cojinete está operando bajo las condiciones de referencia.

3.6 Densidad de flujo de calor de referencia

Es el flujo de calor de referencia dividido por el calor emitido por el área superficial de transferencia.

3.7 Temperatura ambiental de referencia

Es la temperatura media del medio ambiente del cojinete en su ensamble real bajo las condiciones de referencia.

3.8 Temperatura de referencia

Es la temperatura del aro exterior estacionario o de la arandela del alojamiento del cojinete bajo las condiciones de referencia.

4 Símbolos y unidades

A los fines de este documento, se aplican los símbolos indicados en ISO 15241; así como los siguientes.

Tabla 1—Símbolos y unidades

Símbolos	Términos	Unidades
A_r	Área superficial de transferencia del calor emitido	mm ²
B	Ancho del cojinete de rodamiento	mm
C_{0a}	Capacidad nominal de carga estática axial acorde con ISO 76	N
C_{0r}	Capacidad nominal de carga estática radial acorde con ISO 76	N
d	Diámetro interior del cojinete de rodamiento	mm
d_m	Diámetro medio del cojinete de rodamiento $d_m = 0,5 \times (D + d)$	mm
d_1	Diámetro exterior del aro interior de un rodamiento axial de rodillos esféricos	mm
D	Diámetro exterior del cojinete de rodamiento	mm
D_1	Diámetro interior del aro exterior de un rodamiento axial de rodillos esféricos	mm
f_{0r}	Coefficiente del momento de fricción independiente de la carga para condiciones de referencia	-
f_{1r}	Coefficiente del momento de fricción dependiente de la carga para condiciones de referencia	-
M_0	Momento de fricción independiente de la carga	N.mm
M_{0r}	Momento de fricción independiente de la carga en las condiciones de referencia a la velocidad límite por criterio térmico, $n_{\theta r}$	N.mm
M_1	Momento de fricción dependiente de la carga	N.mm
M_{1r}	Momento de fricción dependiente de la carga en las condiciones de referencia a la velocidad límite por criterio térmico, $n_{\theta r}$	N.mm
$n_{\theta r}$	velocidad límite por criterio térmico	min ⁻¹
N_r	Pérdidas de potencia en el cojinete para las condiciones de referencia a la velocidad límite por criterio térmico, $n_{\theta r}$	W
P_{1r}	Carga de referencia	N
q_r	Densidad de flujo de calor de referencia	W/mm ²
T	Ancho total en cojinetes de rodillos cónicos	mm
α	Ángulo de contacto	°
θ_{Ar}	Temperatura ambiental de referencia	°C
θ_r	Temperatura de referencia	°C
ν_r	Viscosidad cinemática del lubricante en las condiciones de referencia (a la temperatura de referencia, θ_r , del cojinete de rodamiento)	mm ² /s
Φ_r	Flujo de calor de referencia	W

5 Condiciones de referencia

5.1 General

Las condiciones de referencia en esta Norma Cubana están principalmente basadas en las condiciones de operación de los tipos y tamaños de cojinetes más frecuentemente usados.

5.2 Condiciones de referencia para determinar la generación de calor por fricción.

5.2.1 Temperatura de referencia

Temperatura de referencia del cojinete en el aro exterior estacionario o arandela del alojamiento:
 $\theta_r = 70^\circ\text{C}$

Temperatura de referencia del medio ambiente del cojinete: $\theta_{Ar} = 20^\circ\text{C}$

5.2.2 Carga de referencia

5.2.2.1 Cojinetes radiales con ángulo de contacto $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ 5% de la capacidad nominal de carga estática radial C_{0r} como carga radial pura. $P_{1r} = 0,05 \times C_{0r}$

En el caso de cojinete de contacto angular de una hilera, la carga de referencia se refiere a la componente radial de esta carga que causa un desplazamiento radial puro de uno de los aros del cojinete con respecto al otro.

5.2.2.2 Cojinetes de rodillos axiales ángulo de contacto $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 2% la capacidad nominal de carga estática axial C_{0a} como la carga axial actuando concéntricamente. $P_{1r} = 0,02 \times C_{0a}$

5.2.3 Lubricación

5.2.3.1 Lubricante Un aceite mineral sin aditivos de extrema presión (EP) con la siguiente viscosidad cinemática, ν_r , a $\theta_r = 70^\circ\text{C}$.

- a) Cojinetes radiales $\nu_r = 12 \text{ mm}^2/\text{s}$ (ISO VG 32)
- b) Cojinetes axiales de rodillos $\nu_r = 24 \text{ mm}^2/\text{s}$ (ISO VG 68)

5.2.3.2 Método de lubricación Lubricación por baño de aceite con un nivel de aceite hasta el centro del elemento rodante en la posición más baja.

5.2.4 Otras condiciones de referencia

5.2.4.1 Características del cojinete

Rango de tamaño Cojinetes de tipo normal hasta, e incluido, diámetro interior de 1000 mm.

Holgura interna Según grupo "N" de acuerdo a ISO 5753: 1991
 Sellos Sin sellos de contacto.

Cojinetes radiales de doble hilera y cojinetes axiales de doble acción. Asumiendo que sean simétricos.

Cojinetes de rodamiento donde los elementos rodantes operan directamente en el árbol o en el alojamiento. Asumiendo que la superficie de rodadura del árbol o del alojamiento sean equivalentes en todos los aspectos a las pistas de rodadura de los aros o arandelas del cojinete que sustituyen.

5.2.4.2 Disposición de los cojinetes

Eje de rotación horizontal

NOTA Para cojinetes axiales de rodillos cilíndricos y cojinetes de agujas debe tenerse especial cuidado en proporcionarle aceite a los elementos rodantes superiores.

Aro exterior o arandela del alojamiento estacionario

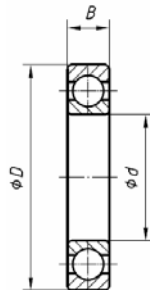
Ajuste del cojinete de contacto sin holgura durante la operación.
angular

5.3 Condiciones de referencia para determinar la emisión de calor

5.3.1 Área superficial de transferencia del calor emitido

Las siguientes áreas superficiales son definidas como áreas superficiales de transferencia de calor emitido A_r .

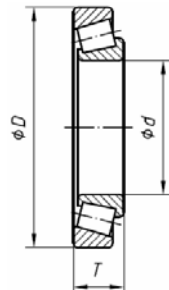
- a) Para cojinetes radiales con la excepción de cojinetes de rodillos cónicos, ver Figura 1.



$$A_r = \pi \times B(D + d) \quad (1)$$

Figura 1

- b) Para cojinetes de rodillos cónicos, ver Figura 2.

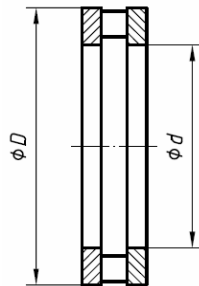


$$A_r = \pi \times T(D + d) \quad (2)$$

NOTA Se ha usado el ancho total del cojinete en lugar del ancho individual del aro para que los resultados estén alineados más correctamente con los datos empíricos.

Figura 2

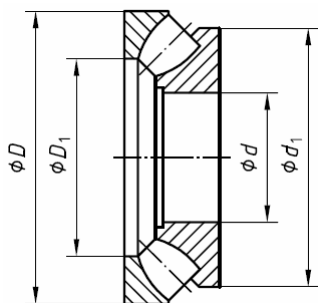
c) Para cojinetes axiales de rodillos cilíndricos y de agujas, ver Figura 3.



$$A_r = 0,5 \times \pi (D^2 - d^2) \quad (3)$$

Figura 3

d) Para cojinetes axiales de rodillos esféricos, ver Figura 4.



$$A_r = 0,25 \times \pi (D^2 + d_1^2 - D_1^2 - d^2) \quad (4)$$

Figura 4

5.3.2 Densidad de flujo de calor de referencia.

La densidad de flujo de calor de referencia, q_r , se define como:

$$q_r = \frac{\Phi_r}{A_r} \quad (5)$$

Para aplicaciones normales los siguientes valores de densidad de flujo de calor, q_r , pueden ser asumidos cuando la diferencia de temperatura $\theta_r - \theta_{Ar}$ sea igual a 50°C .

Cojinetes radial (ver Figura 5, curva 1)

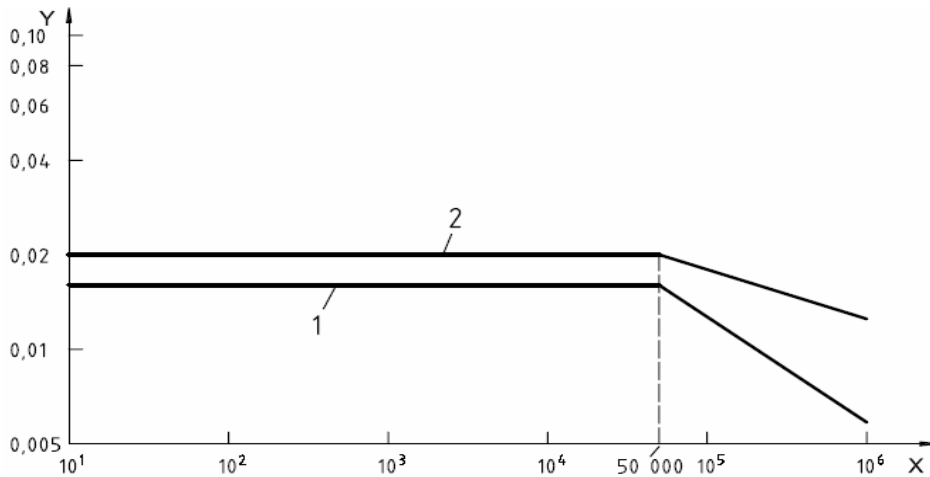
- Para $A_r \leq 50\,000 \text{ mm}^2$
 $q_r = 0,016 \text{ W/mm}^2$

- Para $A_r > 50\,000 \text{ mm}^2$
 $q_r = 0,016 \times \left(\frac{A_r}{50000} \right)^{-0.34} \text{ W/mm}^2$

Cojinetes axial (ver Figura 5, curva 2)

- Para $A_r \leq 50\,000 \text{ mm}^2$
 $q_r = 0,020 \text{ W/mm}^2$

- Para $A_r > 50\,000 \text{ mm}^2$
 $q_r = 0,020 \times \left(\frac{A_r}{50000} \right)^{-0.16} \text{ W/mm}^2$



Simbología

1 cojinetes radiales

2 cojinetes axiales

X área superficial de transferencia del calor emitido, A_r , mm^2 .

Y densidad de flujo de calor de referencia, q_r , W/mm^2

Figura 5

6 Cálculo de la velocidad límite por criterio térmico

El cálculo de la velocidad límite por criterio térmico está basado en un balance energético del sistema cojinete de rodamiento bajo las condiciones de referencia. En la velocidad límite por criterio térmico el calor generado por fricción en el cojinete bajo las condiciones de referencia es igual al flujo de calor emitido por el cojinete.

$$N_r = \Phi_r \quad (6)$$

El calor generado por fricción en un cojinete en operación bajo las condiciones de referencia es calculado como sigue:

$$N_r = \frac{\pi \times n_{\theta r}}{30 \times 10^3} (M_{0r} + M_{1r}) \quad (7)$$

$$N_r = \frac{\pi \times n_{\theta r}}{30 \times 10^3} \left[10^{-7} \times f_{0r} (v_r \times n_{\theta r})^{\frac{2}{3}} \times d_m^3 + f_{1r} \times P_{1r} \times d_m \right]$$

$$M_{0r} = 10^{-7} \times f_{0r} (v_r \times n_{\theta r})^{\frac{2}{3}} \times d_m^3 \quad (8)$$

$$M_{1r} = f_{1r} \times P_{1r} \times d_m \quad (9)$$

El flujo de calor emitido desde el cojinete de rodamiento bajo las condiciones de referencia es calculado a partir de la densidad de flujo de calor de referencia, q_r , y el área superficial de transferencia del calor emitido, A_r :

$$\Phi_r = q_r \times A_r \quad (10)$$

Con la ecuación (7) para el calor generado por fricción y la ecuación (10) para el flujo de calor emitido, la ecuación para determinar la velocidad límite por criterio térmico $n_{\theta r}$ está dada por:

$$\frac{\pi \times n_{\theta r}}{30 \times 10^3} \times \left[10^{-7} \times f_{0r} \times (v_r \times n_{\theta r})^{\frac{2}{3}} \times d_m^3 + f_{1r} \times P_{1r} \times d_m \right] = q_r \times A_r \quad (11)$$

La velocidad límite por criterio térmico $n_{\theta r}$ se determina por la ecuación (11) mediante iteración.

7 Notas de explicación

La velocidad máxima permisible para un cojinete puede estar limitada por varios criterios, como son el de la temperatura permisible (criterio límite frecuentemente más usado), la garantía de una lubricación satisfactoria cuando es considerado el efecto de la fuerza centrífuga, la resistencia a la fractura de cualquier componente del cojinete, la cinemática de la rodadura, las vibraciones, la generación de ruido, la velocidad de operación de los bordes en contacto de los sellos, etc.

En esta Norma Cubana, la temperatura del cojinete es usada como criterio límite para establecer la capacidad de velocidad del cojinete.

La capacidad de velocidad se expresa como la velocidad límite por criterio térmico. Se calcula para condiciones de referencia uniforme. La velocidad límite por criterio térmico puede diferir apreciablemente de las velocidades publicadas por los fabricantes de cojinetes en sus catálogos debido a que las condiciones de referencia seleccionadas para esta Norma Cubana pueden ser diferentes.

La fricción en los cojinetes se transforma en calor, de esta forma la temperatura en el cojinete aumenta hasta alcanzar un equilibrio entre el calor generado y el calor emitido.

El momento de fricción independiente de la carga (M_0) toma en cuenta la fricción que se genera por la viscosidad del lubricante en el cojinete y depende del tipo de cojinete de rodamiento, tamaño (diámetro medio del cojinete de rodamiento), velocidad y condiciones de lubricación. Estas condiciones incluyen el método de lubricación, el tipo de lubricante, la cantidad de lubricante y su viscosidad cinemática.

El momento de fricción dependiente de la carga (M_1) toma en cuenta la fricción mecánica y depende del tipo de rodamiento, tamaño (diámetro medio del cojinete de rodamiento) y la magnitud y dirección de la carga.

La densidad de flujo de calor real puede diferir de los valores supuestos en esta Norma Cubana, dependiendo la variación de la resistencia a la fricción en relación con la capacidad de emisión del flujo de calor; por ejemplo, el diseño del alojamiento, condiciones medioambientales y la fricción en el cojinete tienen una gran influencia en la densidad de flujo de calor.

Anexo A (Informativo)

Coeficientes f_{0r} y f_{1r}

La Tabla A.1 contiene valores de coeficientes f_{0r} y f_{1r} para el cálculo de la velocidad límite por criterio térmico $n_{\theta r}$ a partir de la ecuación (11) para diferentes tipos de cojinetes sin sellos de contacto.

Ellos son resultados de extensas investigaciones experimentales así como del análisis de valores empíricos reportados en la literatura.

Considerando que los valores de f_{0r} y f_{1r} normalmente presentan una dispersión, en la Tabla A.1. se presentan valores medios sin tolerancias, con el objetivo de hacer posible un cálculo uniforme de la velocidad límite por criterio térmico.

Los coeficientes f_{0r} y f_{1r} son dependientes del tipo de cojinete.

Las series de dimensiones referidas en la Tabla A.1 son definidas en ISO 15 e ISO 104.

Tabla A.1—Coeficientes f_{0r} y f_{1r}

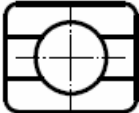

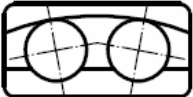
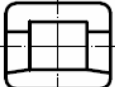
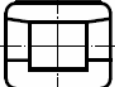
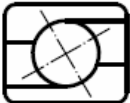
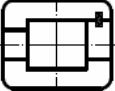
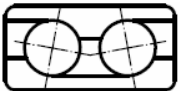
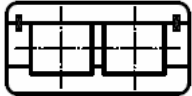
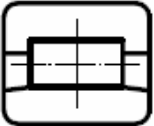
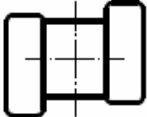
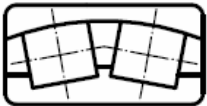
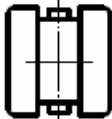
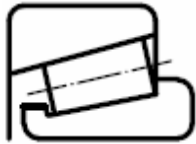


Tipo de cojinete	Series de dimensiones	f_{0r}	f_{1r}	Tipo de cojinete	Series de dimensiones	f_{0r}	f_{1r}
Cojinetes de bolas de una hilera y de canal profundo 	18	1,7	0,000 10	Cojinetes de bolas de 4 puntos de contacto 	02	2	0,000 37
	28	1,7	0,000 10		03	3	0,000 37
	38	1,7	0,000 10				
	19	1,7	0,000 15				
	39	1,7	0,000 15				
	00	1,7	0,000 15				
	10	1,7	0,000 15				
	02	2	0,000 20				
	03	2,3	0,000 20				
	04	2,3	0,000 20				
Cojinetes de bolas autoalineado 	02	2,5	0,000 08	Cojinetes de rodillos cilíndricos de una hilera con jaula.  	10	2	0,000 20
	22	3	0,000 08		02	2	0,000 30
	03	3,5	0,000 08		22	3	0,000 40
					03	2	0,000 35
	23	4	0,000 08		23	4	0,000 40
					04	2	0,000 40
Cojinetes de bolas de contacto angular de una hilera $22^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ 	02	2	0,000 25	Cojinetes de rodillos cilíndricos de grandes dimensiones 	18	5	0,000 55
	03	3	0,000 35		29	6	0,000 55
					30	7	0,000 55
					22	8	0,000 55
					23	12	0,000 55

Tabla A.1 (continuación)

Tipo de cojinete	Series de dimensiones	f_{or}	f_{1r}	Tipo de cojinete	Series de dimensiones	f_{or}	f_{1r}
Cojinetes de bolas de contacto angular de doble o de simple hilera apareados. 	32 33	5 7	0,000 35 0,000 35	Cojinetes de rodillos cilíndricos de grandes dimensiones de doble hilera 	48 49 50	9 11 13	0,000 55 0,000 55 0,000 55
Cojinetes de rodillos de agujas 	48 49 69	5 5,5 10	0,000 50 0,000 50 0,000 50	Cojinetes axiales de rodillos cilíndricos. 	11 12	3 4	0,001 50 0,001 50
Cojinetes de rodillos esféricos 	39 30 40 31 41 22 32 03 23	4,5 4,5 6,5 5,5 7 4 6 3,5 4,5	0,000 17 0,000 17 0,000 27 0,000 27 0,000 49 0,000 19 0,000 36 0,000 19 0,000 30	Cojinetes axiales de rodillos de aguja 	a	5	0,001 50
Cojinetes de rodillos cónicos 	02 03 30 29 20 22 23 13 31 32	3 3 3 3 3 4,5 4,5 4,5 4,5 4,5	0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40 0,000 40	Cojinetes axiales de rodillos esféricos 	92 93 94	3,7 4,5 5	0,000 30 0,000 40 0,000 50
				Cojinetes axiales de rodillos esféricos con diseño modificado (construcción interna optimizada) 	92 93 94	2,5 3 3,3	0,000 23 0,000 30 0,000 33
^a Las series de dimensiones para los cojinetes axiales de rodillos de aguja según ISO 3031							

Anexo B (Informativo)

VELOCIDAD LÍMITE POR CRITERIO TÉRMICO PARA COJINETES DE RODAMIENTO LUBRICADOS CON GRASA

B.1 General

La velocidad límite por criterio térmico para lubricación con grasa se calcula de la misma manera que la lubricación por baño de aceite.

Para cojinetes lubricados con grasa el momento de fricción independiente de la carga, M_{0r} , no es constante durante el tiempo de operación. Por tanto, la temperatura de referencia $\theta_r = 70\text{ °C}$, se define como la temperatura obtenida después de 10 h o 20 h de funcionamiento, cuando la velocidad límite por criterio térmico se iguala a la velocidad límite cuando el cojinete sea lubricado por baño de aceite si las condiciones de referencia dadas en B.2 y B.3 se cumplen.

B.2 Requisitos para la lubricación

Para la lubricación por grasa se asumen las siguientes condiciones de referencia:

Tipo de grasa	Grasa de jabón de litio con aceite mineral base. La viscosidad cinemática del aceite base es de $100\text{ mm}^2/\text{s}$ a $200\text{ mm}^2/\text{s}$ a 40 °C (ISO 150)
Cantidad de lubricante	Cojinete lubricado con una cantidad de grasa de aproximadamente el 30 % de su volumen libre

B.3 Coeficientes f_{0r} y f_{1r} .

Los mismos valores del coeficiente f_{0r} para una lubricación por baño de aceite pueden asumirse después de 10 h a 20 h de funcionamiento. Inmediatamente después del rellenado con grasa, el valor del coeficiente f_{0r} puede asumirse como el doble del valor correspondiente con lubricación por baño de aceite. Al final de un largo período de operación, justo antes de la relubricación, el valor de f_{0r} puede disminuir hasta el 25% del valor de la lubricación por baño de aceite, pero entonces el riesgo por escasa lubricación tiene que ser considerado.

Los valores de los coeficientes f_{1r} para lubricación por grasa son los mismos que para lubricación por baño de aceite.

Bibliografía

- [1] ISO 15:1998, *Rolling bearings — Radial bearings — Boundary dimensions, general plan*
- [2] ISO 104:2002, *Rolling bearings — Thrust bearings — Boundary dimensions, general plan*
- [3] ISO 3031:2002, *Rolling bearings — Thrust needle roller and cage assemblies, thrust washer — Boundary dimensions and tolerances*
- [4] PALMGREN, A., *Ball and Roller Bearing Engineering*, 3rd ed., Burbank, Philadelphia, 1959