

---

## Nota Técnica

---

# Criterios de inter - extrapolación para la determinación de los factores de carga en rodamientos

Alejandro G. Mestrallet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento Máquinas, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina*

Fecha de recepción del manuscrito: 26/12/2013

Fecha de aceptación del manuscrito: 07/07/2014

Fecha de publicación: 10/09/2014

---

**Resumen**—La presente nota técnica tiene por finalidad demostrar la necesidad de interpolar o extrapolar - y no emplear simplemente la “intuición”, hecho muy frecuente -, para la determinación de los factores de carga radial (X) y axial (Y), en rodamientos del tipo Rígido de una Hilera de Bolas, en los cuales se debe comparar la relación entre carga dinámica axial (Fa) y carga dinámica radial (Fr), con el parámetro “e” definido en tablas - tanteando previamente con distintas series de rodamientos, a través de la relación entre carga dinámica axial y capacidad de carga estática (Fa/C<sub>0</sub>) -, a fin de determinar el correspondiente valor del parámetro “e”, el cual indica la necesidad de considerar la influencia - o no - de la carga dinámica axial en la determinación de la carga dinámica equivalente (P) a través de la expresión general:  $P = X \cdot Fr + Y \cdot Fa$

**Palabras clave**—rodamiento, bolas, selección.

---

**Abstract**—This technical note aims to demonstrate the need to interpolate or extrapolate - and not simply use "intuition", as usually - to determine radial load factor (X) and axial load factor (Y) in single row deep groove ball bearings, in which one must compare the ratio between dynamic axial load (Fa) and dynamic radial load (Fr), with the parameter "e" defined in tables - groping previously with different sets of bearings, through dynamic axial load and static load capacity ratio (Fa/C<sub>0</sub>) - in order to determine the corresponding value of the parameter "e", which indicates the need to consider the influence of dynamic axial load - or not - in determining the equivalent dynamic load (P) by the general expression:  $P = X \cdot Fr + Y \cdot Fa$

**Keywords**— bearing, ball, selection.

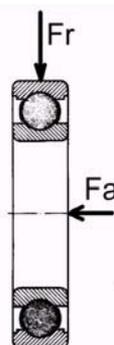
---

### INTRODUCCIÓN:

Para seleccionar un Rodamiento Rígido de una Hilera de Bolas, sometido a cargas axial y radial combinadas, se determina en general la relación entre estas, debiendo posteriormente compararse dicha relación con el parámetro “e” provisto por las tablas comunes a la mayoría de los fabricantes, y el cual a su vez se haya definido por la relación entre la carga dinámica axial (Fa) y la capacidad de carga estática del rodamiento en cuestión (C<sub>0</sub>). Esta situación provoca una indeterminación, por cuanto para poder determinar Fa/C<sub>0</sub>, debe haberse definido previamente

un rodamiento, ya que C<sub>0</sub> es particular de cada serie de dimensiones.

En la generalidad de los casos, el procedimiento se reduce a un método recursivo de tanteo entre diferentes tipos de rodamientos (adicionalmente suelen estar dados algunos parámetros dimensionales, como diámetro del aro interior, diámetro del aro exterior y/o ancho, lo que acota los valores de tanteo, reduciendo favorablemente el conjunto disponible para la selección).



En otros casos, esta determinación no resulta tan simple, por cuanto el valor de la relación entre carga dinámica axial y carga dinámica radial (Fa/Fr), sale de tabla, ya sea con valores menores o mayores a los dados para “e”.

Es en estos casos, donde se observa una tendencia en general, a simplificar el proceso de selección, limitándose a suponer que si Fa/Fr es

Dirección de Contacto:

Alejandro Gustavo Mestrallet Av. Vélez Sarsfield 1611 Ciudad Universitaria, X5016CGA. Tel: 433418 Dto. Máquinas. correo electrónico institucional: amestral@efn.uncor.edu

menor que cualquier valor de “e”, luego se debe suponer que Fa no tiene influencia sobre la carga dinámica equivalente (P).

A continuación, se demostrará con un ejemplo concreto, por qué esto no es así, y cuál es el procedimiento correcto a seguir en estos casos, a fin de evitar que una incorrecta suposición inicial lleve a una errónea selección.

**EJEMPLO:**

Sean las siguientes cargas actuantes sobre un rodamiento, sobre el cual se desea seleccionar del tipo rígido de una hilera de bolas (Fig. 1):

Carga radial dinámica: Fr = 3 950 [N] y Carga axial dinámica: Fa = 830 [N], con

**Fig. 1** diámetro interior del aro interno: d = 65 [mm]

(Se obvia en este análisis la velocidad de trabajo, o la condición particular de rodamientos especiales con juegos reducidos o aumentados, ya que no influyen sobre el tema en cuestión, y solamente se plantea el desarrollo correspondiente a la determinación de la Carga Dinámica Equivalente).

En estas condiciones:  $F_a / F_r = 830 / 3\,950 \approx 0.21$

Este valor es menor que cualquier “e” – considerando solamente los valores explícitos –, indicados en la **Tabla 1** (común a todos los fabricantes de rodamientos, en este caso extraída de un Catálogo Sucinto de SKF).

Factores de carga para Rodamientos Rígidos de Bolas					
Series 6, 160, 60, 62, 63, 64, 42, 43	Fa / Fr ≤ e		Fa / Fr > e		e
	X	Y	X	Y	
Fa/C <sub>0</sub> = 0.025	1	0	0.56	2	0.22
= 0.04	1	0	0.56	1.8	0.24
= 0.07	1	0	0.56	1.6	0.27
= 0.13	1	0	0.56	1.4	0.31
= 0.25	1	0	0.56	1.2	0.37
= 0.5	1	0	0.56	1	0.44

**Tabla 1**

Luego partiendo del supuesto, - erróneo -, de que en este caso al ser  $F_a/F_r = 0.21 <$  cualquier “e” de tabla, los valores a considerar serían:  $X = 1$  y  $Y = 0$ , y aplicando:  $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$ ; resultaría:  $P = F_r$ , lo que implicaría que se está considerando nulo el efecto de la carga axial para la determinación de la carga dinámica equivalente.

A continuación se efectuará el análisis correcto - a través de la inter-extrapolación, según corresponda -, llegándose a distintas situaciones, y valores de X; Y según el rodamiento particularmente pre-seleccionado.

Se comienza tanteando con el rodamiento de menor capacidad de carga disponible en la **Tabla 2** adjunta, extraída en este caso de un catálogo sucinto del fabricante SKF, y disponible en la página web del mismo fabricante (ver bibliografía).

Resulta por lo tanto el rodamiento de la serie 61813, con  $C = 11\,700$  [N] y  $C_0 = 8\,300$  [N]), para el cual se obtiene:

$F_a / C_0 = 830 / 8\,300 = 0.1$ , valor que interpolando en **Tabla 1**, corresponde a un “e”  $\approx 0.29$  (en este caso resulta evidente que no es necesaria una interpolación minuciosa, ya que a ojo se observa que este “e” es mucho mayor que la relación  $F_a / F_r$  calculada (0.21), luego de esto resulta:  $X = 1$  ;  $Y = 0$ , y  $P = F_r$  ;  $P = 3\,950$  [N]; coincidiendo “por casualidad”, con el caso erróneamente analizado al principio.

Rodamientos Rígidos de una Hilera de Bolas (Extracto)					
Dimensiones principales			Capacidad de carga		Designación
d mm	D mm	B mm	Dinámica C N	Estática C <sub>0</sub> N	
65	85	10	11 700	8 300	61813
	100	11	21 200	14 600	16013
	100	18	30 700	19 600	6013
	120	23	55 900	34 000	6213
	140	33	92 300	56 000	6313
	180	37	119 000	78 000	6413

**Tabla 2** (ver bibliografía)

Probando ahora con el rodamiento Serie 6413 de mayor capacidad de carga ( $C = 119\,000$  [N] y  $C_0 = 78\,000$  [N]):

Resulta en este caso:

$F_a / C_0 = 830 / 78\,000 = 0.0106 \approx 0.011$

Se observa que para este valor, no existe un correspondiente directo de **Tabla 1**, para “e”, luego debe - en este caso -, extrapolarse linealmente (es decir, hallar un valor fuera de tabla), que corresponda a la relación calculada.

De las primeras dos filas de la **Tabla 1**:

Para:  $\Delta (F_a / C_0) = 0.04 - 0.025 = 0.015$

corresponde -----  $\Delta$  “e” =  $0.24 - 0.22 = 0.02$

Luego para determinar el “e” correspondiente al valor de  $F_a / C_0$  buscado (0.011), se plantea la relación:

$$\Delta Fa / Co \text{ ----- } \Delta "e"$$

$$0.015 \text{ ----- } 0.02$$

y

para: 0.014 diferencia necesaria para obtener 0.011, (como 0.025 – 0.014) -----W

(siendo W el sustraendo incógnita a hallar) resulta:

$$W = 0.014 \cdot 0.02 / 0.015 = 0.0187 \approx 0.019$$

con lo que el "e" buscado se determina haciendo la correspondencia:

$$0.025 - 0.014 = 0.011, \text{ para } Fa / Co$$

y

$$0.22 - 0.019 = 0.201 \approx 0.20, \text{ para "e"}$$

Con este valor, se observa que en este caso a Fa / Co = 0.011, le corresponde un valor de "e" ≈ 0.20, menor que la relación Fa / Fr = 0.21.

Particularmente, y en este caso, como la diferencia entre el menor valor de Fa / Co y su correspondiente "e", son notables respecto a los valores hallados, debe extrapolarse también el valor de Y, de manera que:

$$\Delta "e" (0.22 - 0.20) \approx 0.02 \text{ ----- } \Delta Y = 0.2$$

Para "e" = 0.20 (diferencia entre 0.22 y 0.02)

corresponde:  $Y = 2 + 0.2 = 2.2$

Notar que en estas tablas, al disminuir "e", aumenta "Y" (Por eso la adición).

Con lo que resultan:

$$X = 0.56 \text{ y } Y = 2.2$$

Luego, para esta situación - habiendo seleccionado otro rodamiento, del mismo tipo, pero de distinta serie al del primer caso -, se determinaron valores de X y Y, distintos a los de la primera pre-selección (efectuado por tanteo).

Finalmente:

$$P = 0.56 \cdot 3\,950 + 2.2 \cdot 830 = 2\,212 + 1\,826 = 4\,038 \text{ [N]}$$

**CONCLUSIONES:**

De lo expresado y demostrado con el ejemplo particular desarrollado, queda evidenciada la necesidad de interpolar o extrapolar - según corresponda -, cuando los valores de

entrada a tabla no coinciden exactamente con los explicitados, como así también la de tantear distintos tipos de rodamientos en base a las condiciones de contorno establecidas, ya que los factores aplicables a uno no necesariamente lo son para el resto.

Como última acotación, cabe destacar que el cálculo del valor inter-extrapolado no tiene por qué ser preciso - esto lo da la experiencia -, y si la proximidad al valor de tabla es muy evidente y apreciable la escasa diferencia, se puede efectuar este proceso "a ojo", verificando que el valor obtenido permita considerar con la estimación suficiente como para adoptar el criterio de desigualdad planteado en tabla.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Catálogo sucinto SKF

<http://www.skf.com/ar/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html> (páginas 20 y 21)