

1

The slide features a white background with decorative elements. At the top left is the logo for the "CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MÉXICO 18ª EDICIÓN", which includes a circular icon with a green and purple gradient. To the right of this is a red compass icon with the word "BRÚJULA" in a bold, italicized, serif font. Below these is the main title "Análisis de Falla en Rodamientos: Aplicación de RCFA e ISO 15243." in a bold, black, sans-serif font. On the right side of the slide is a photograph of a man with glasses and a beard, wearing a dark blue suit jacket over a light blue shirt, with his arms crossed. At the bottom left, there is a decorative graphic of a purple line ending in a circle with radiating lines. A dark green rectangular box at the bottom center contains the name "F. Alejandro Pérez Martínez" and the title "Director General MTF" in white text.

2



¿Por qué fallan los rodamientos?

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

3

40%

lubricación

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

4

25%
instalación

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^{va} EDICIÓN

This infographic features a large '25%' in red and green, with the word 'instalación' in green. The background is light grey with faint circuit-like patterns. The bottom section contains the hashtag #CMCMéxico2025, a source citation, and the logo for the 18th Congress of Maintenance & Reliability Mexico.

5

15%
contaminantes

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^{va} EDICIÓN

This infographic features a large '15%' in red and green, with the word 'contaminantes' in green. The background is purple with faint circuit-like patterns. The bottom section contains the hashtag #CMCMéxico2025, a source citation, and the logo for the 18th Congress of Maintenance & Reliability Mexico.

6

08% **sobrecarga**

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

7

05% **almacenaje**

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

8

05%
erosión
eléctrica

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

9

02%
vida útil
alcanzada

#CMCMéxico2025

Fuente: SKF Bearing Maintenance Handbook, ISO 15243:2017, NSK Bearing Trouble Shooting Guide, literatura técnica de Timken y estudios de confiabilidad industrial (Mobius Institute, PRÜFTECHNIK).

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

10

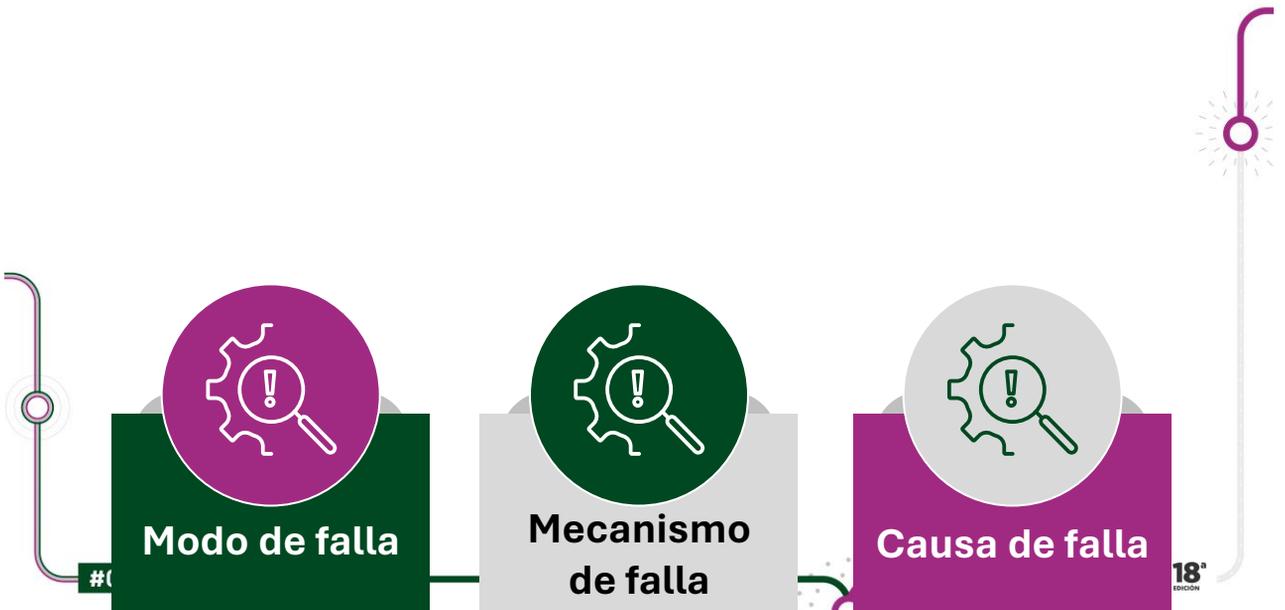
UNIFICANDO CRITERIOS

#CMCMéxico2025

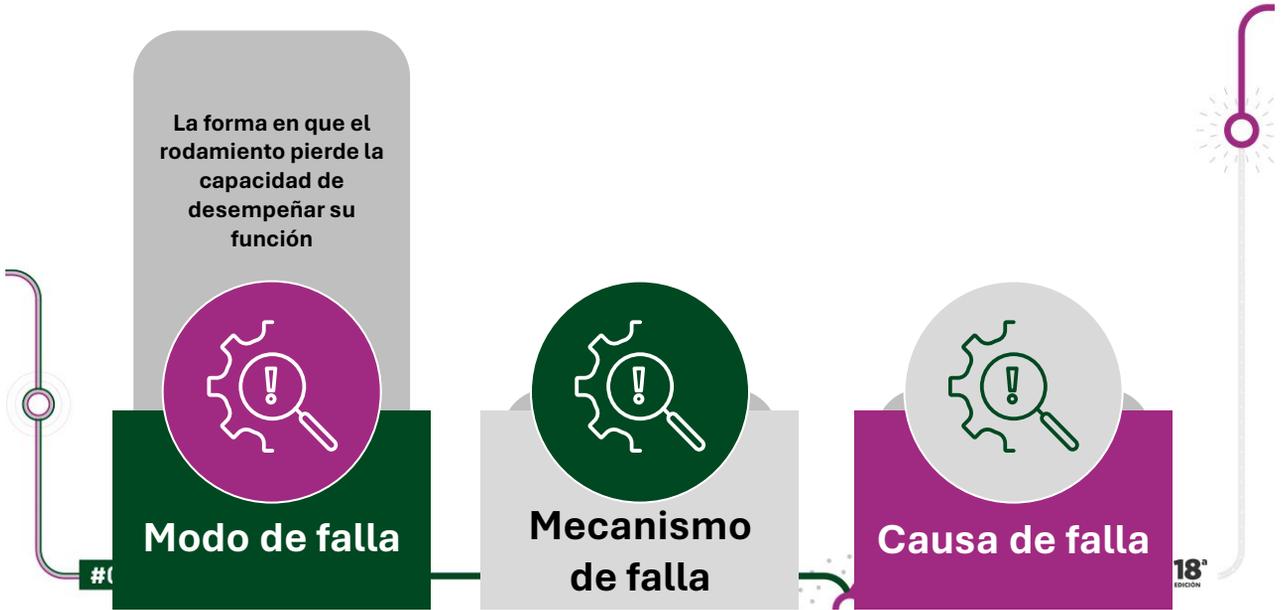
CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

11

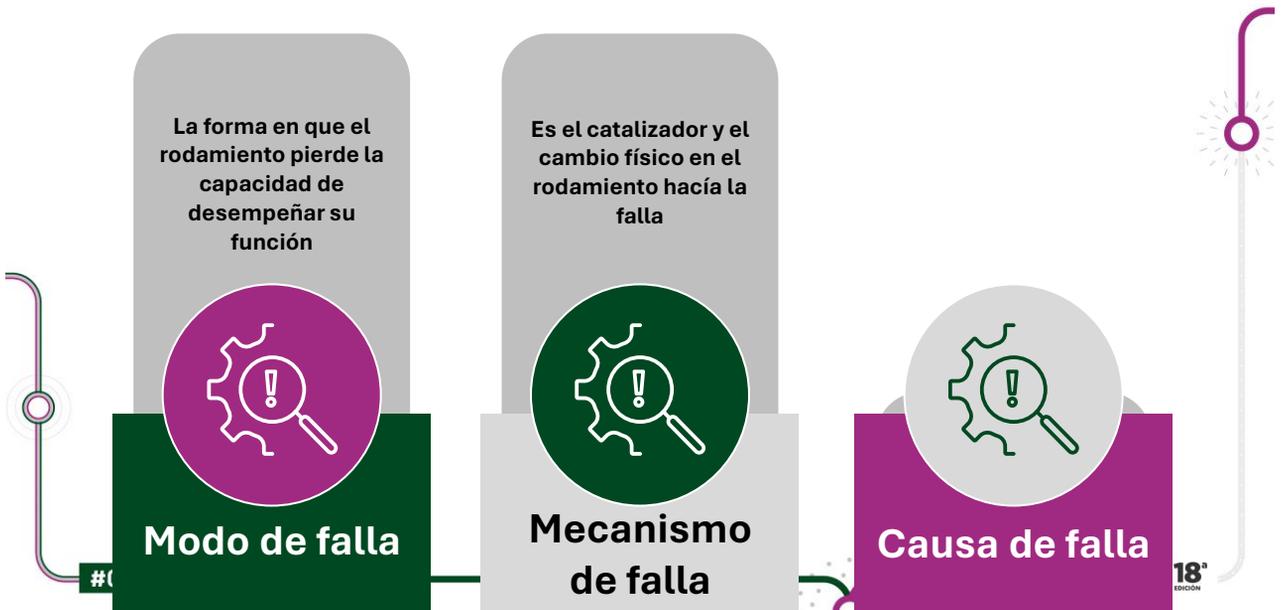
MTF



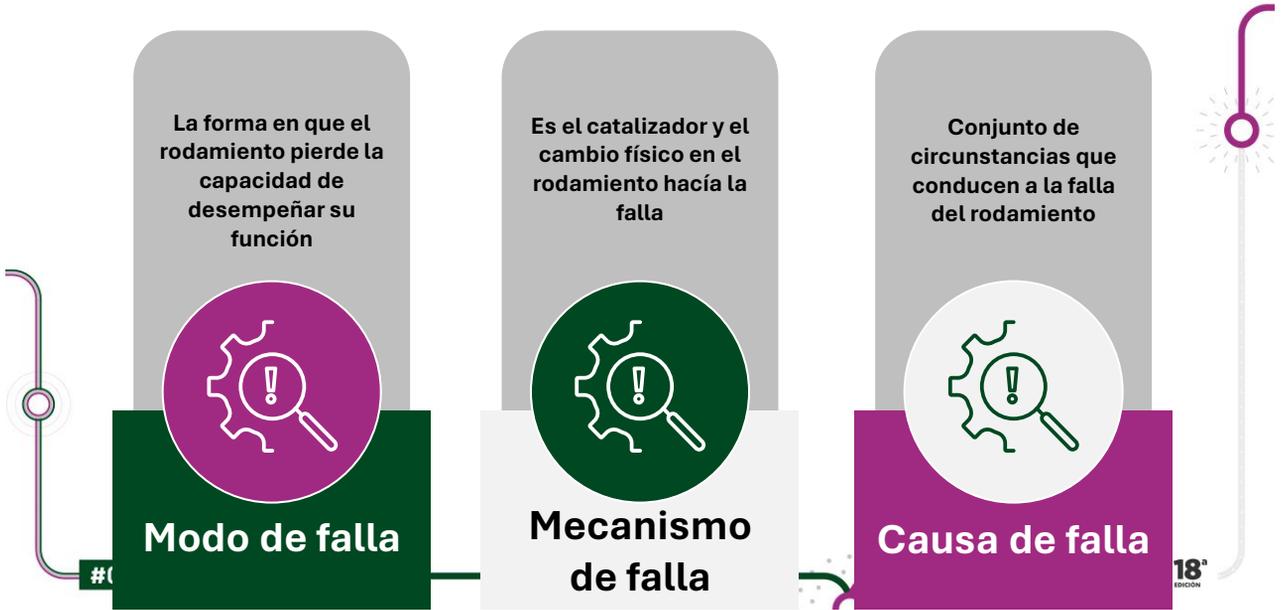
12



13



14



15

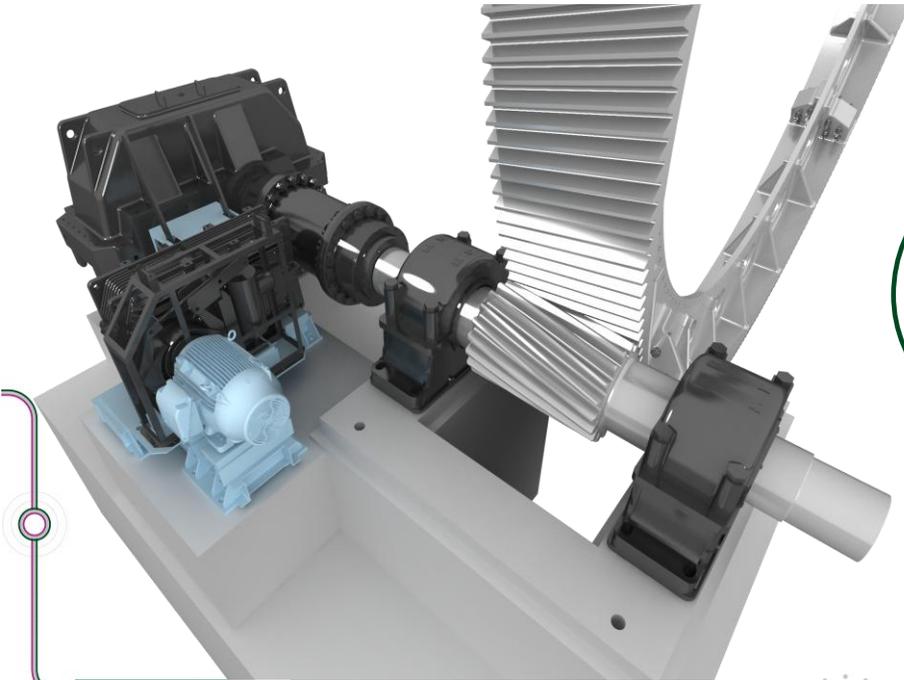
El problema

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a edición

16

MTF



Falla en rodamientos del motor cada ≈3000hrs.

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

17

MTF



\$48,000.00 dólares por consumo de combustible

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

18

MTF



\$48,000.00 dólares por consumo de combustible

\$4,500.00 dólares por horas hombre

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICION

MTF



\$48,000.00 dólares por consumo de combustible

\$4,500.00 dólares por horas hombre

\$24,000.00 dólares por reparaciones con proveedores

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICION

MTF



\$48,000.00 dólares por consumo de combustible

\$4,500.00 dólares por horas hombre

\$24,000.00 dólares por reparaciones con proveedores

\$61,500.00 dólares por compra y adecuación para nuevo motor (CAPEX)

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

MTF



\$48,000.00 dólares por consumo de combustible

\$4,500.00 dólares por horas hombre

\$24,000.00 dólares por reparaciones con proveedores

\$61,500.00 dólares por compra y adecuación para nuevo motor (CAPEX)

\$138,000.00 usd.

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

Arreglo de rodamientos



d= 85 mm
 D=150 mm
 B= 28 mm

 C= 87.1kN
 $V_f = 9,000$ rpm
 $V_l = 5,600$ rpm

 T=75°C
 n= 1800rpm



DGBB
 6217/VL0271/C3

DGBB
 6217/VL0271/C3

#CMCMéxico2025



ISO 281:2007



Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas

Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria de ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos para imprentas, separadores y centrifugas	20 000 ... 30 000
Máquinas para trabajo continuo, maquinaria eléctrica de tamaño medio, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Máquinas para la industria de los engranajes, los rodamientos del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos	60 000 ... 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	> 100 000

- T= <71°C
- C/P= 4-8
- Ndm= 300,000mm/min
- Grasa aceite mineral,
 - jabón de litio
 - NLGI no. 2
 - viscosidad cinemática no mayor a 200cSt
- Contaminación normal

#CMCMéxico2025



Metodología RFCA.-Análisis Causa Raíz de Falla, es una metodología que permite encontrar el origen real de una falla y aplicar acciones correctivas definitivas

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

25

ANÁLISIS DE LOS MODOS DE FALLA EN RODAMIENTOS

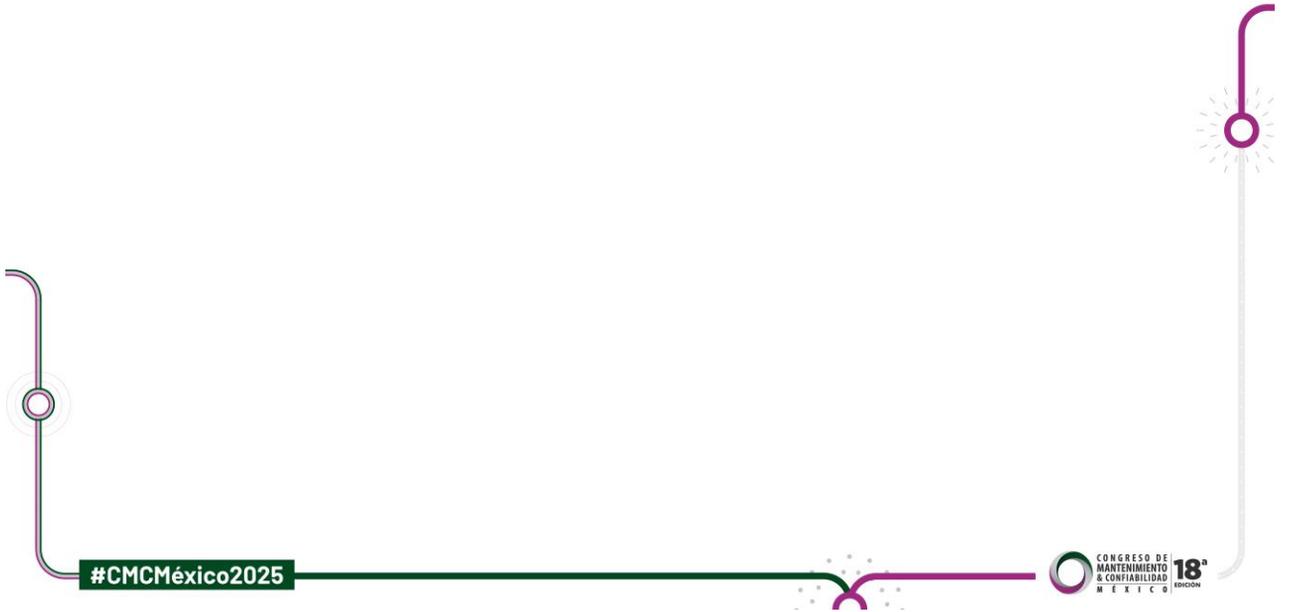
Basado en la ISO 15243

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

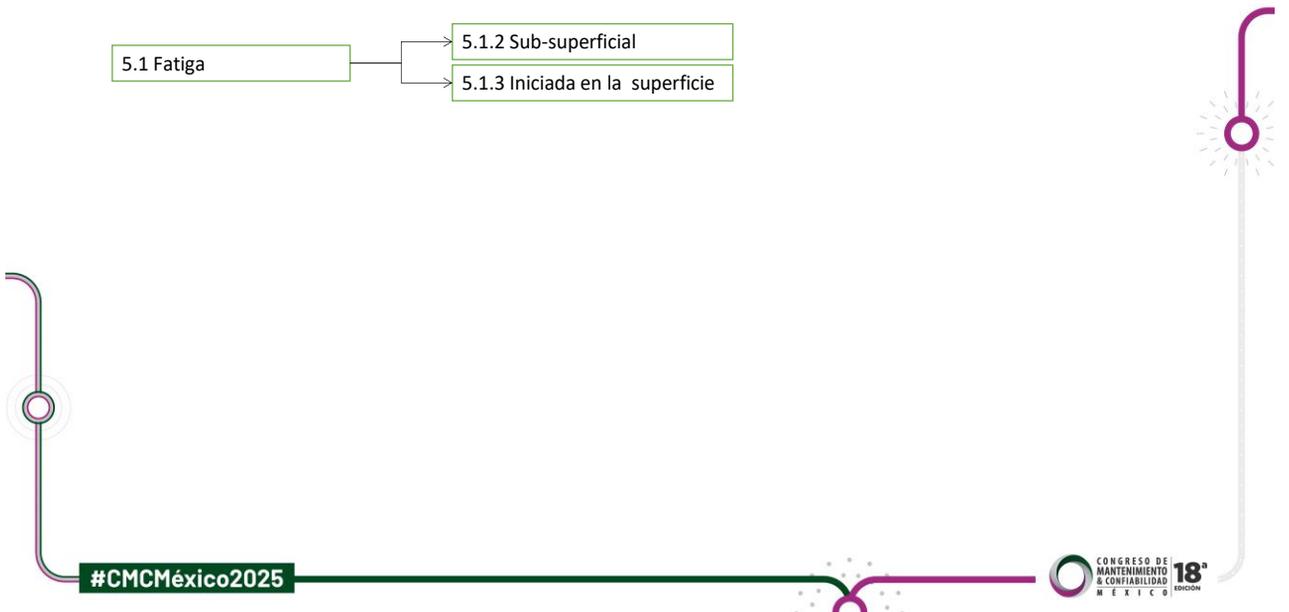
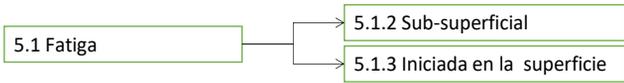
26

ISO 15243:2017



27

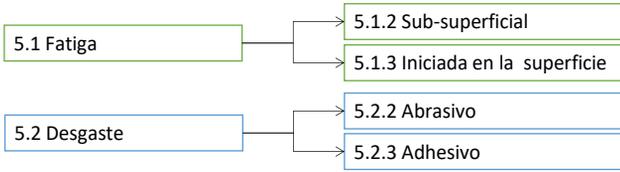
ISO 15243:2017



28



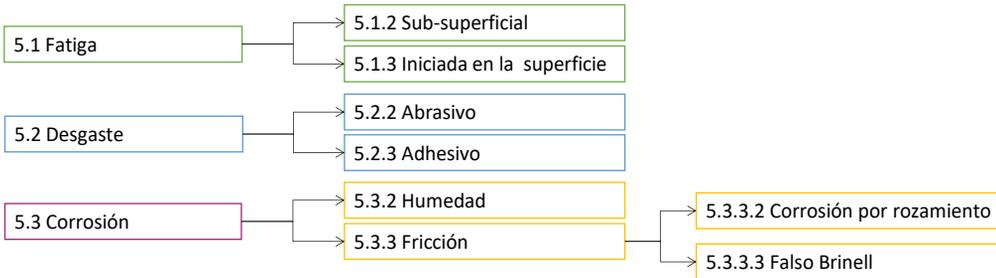
ISO 15243:2017



#CMCMéxico2025



ISO 15243:2017

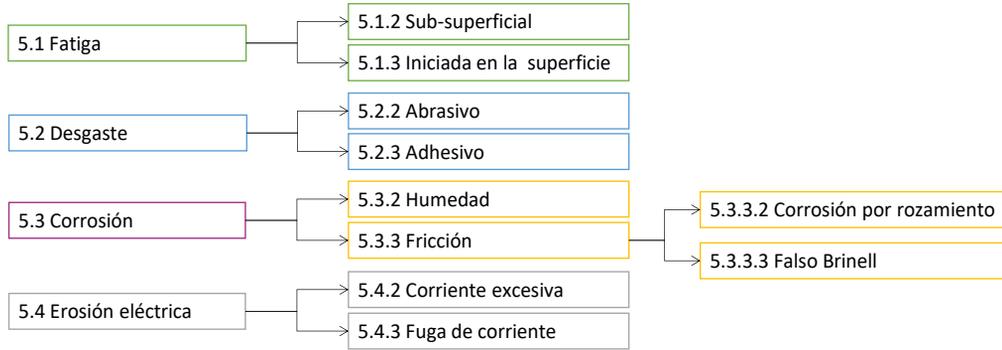


#CMCMéxico2025





ISO 15243:2017



#CMCMéxico2025



ISO 15243:2017

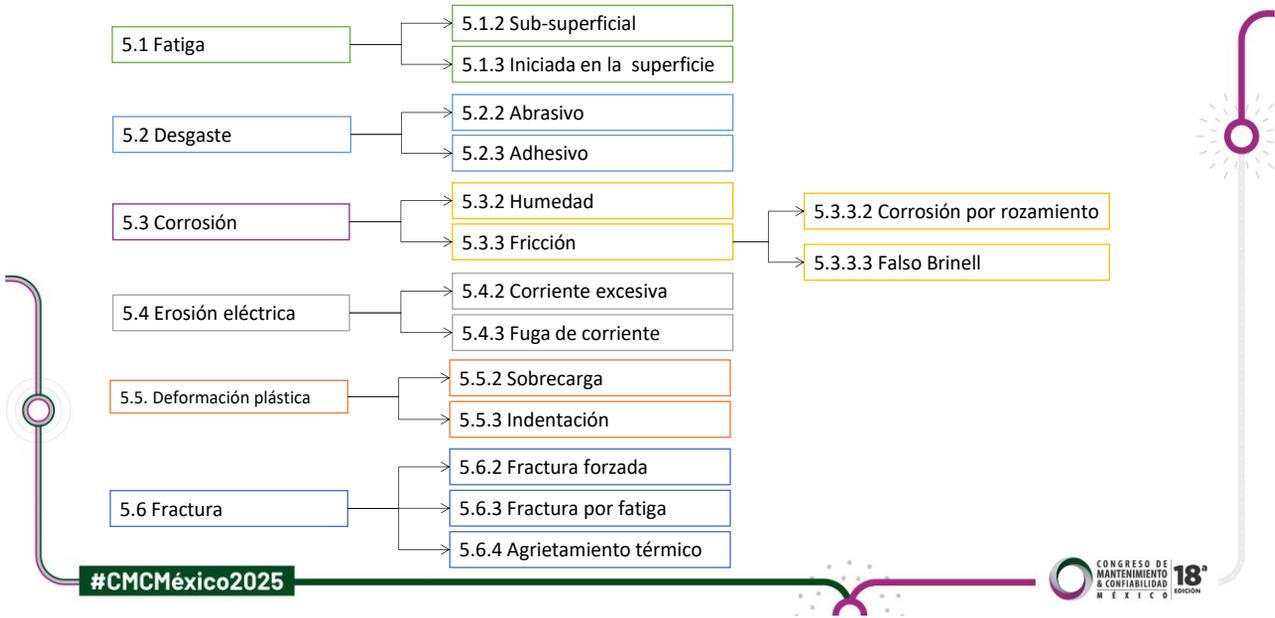


#CMCMéxico2025





ISO 15243:2017



33

15

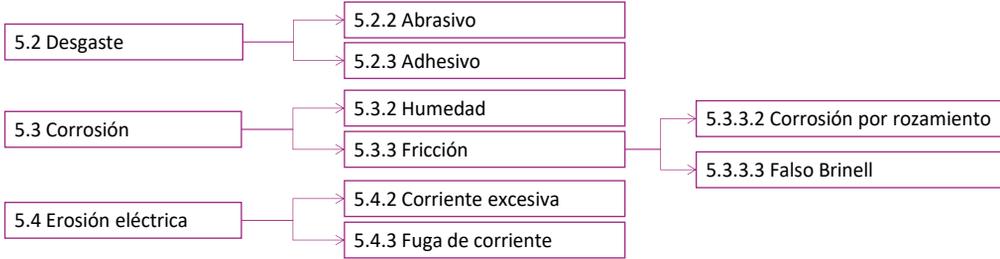
Minutos para examinar rodamientos.

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

34

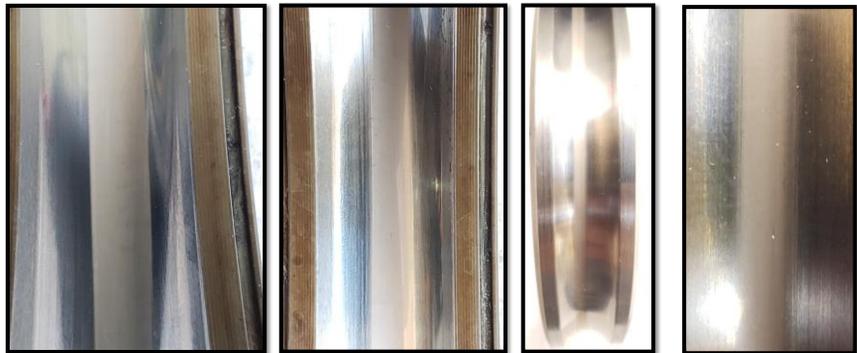
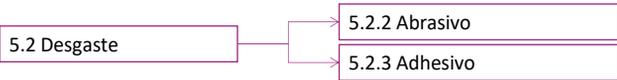
ISO 15243:2017



#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

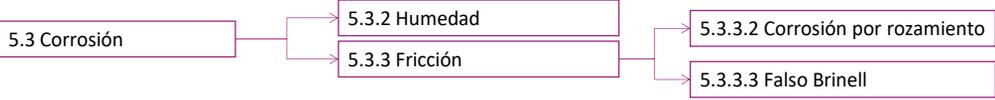
ISO 15243:2017



#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

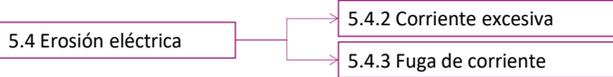
ISO 15243:2017



#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICION

ISO 15243:2017



#CMCMéxico2025

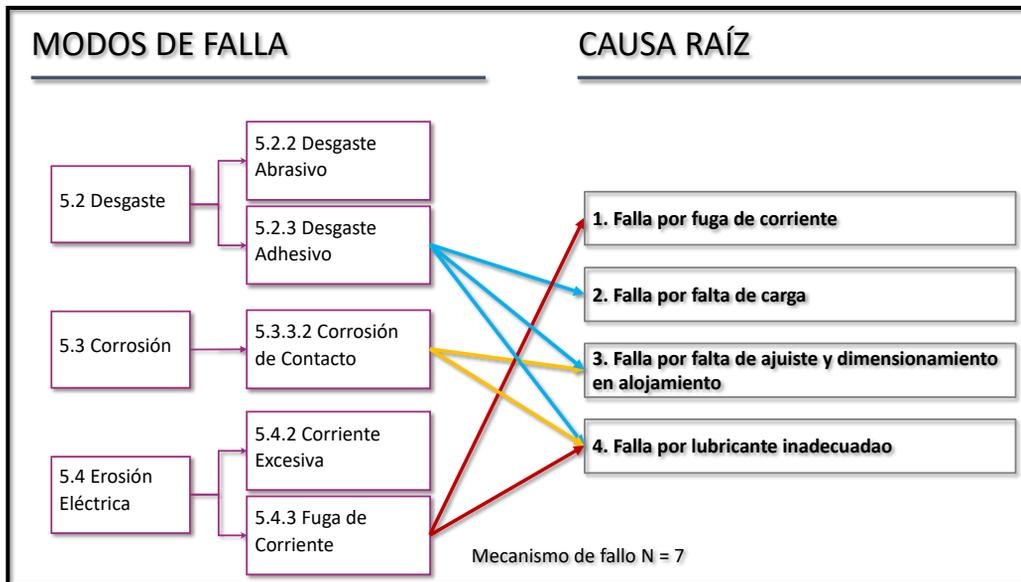
CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICION

ESTUDIO DE CAUSA RAÍZ PARA LOS MODOS DE FALLA EN RODAMIENTOS

Hipótesis de causa raíz para los modos de falla



#CMCMéxico2025



#CMCMéxico2025



Resolviendo la falla por fuga de corriente

41



Rodamientos

Con aislamiento de óxido de aluminio, o inyección por plasma.



Anillos

Con escobillas aterrizadas en el eje, interior o exterior



Plata coloidal

Mejora la conductividad en el eje por un factor de 10



Tiras

De aterrizaje, colocadas correctamente

#CMCMéxico2025



42

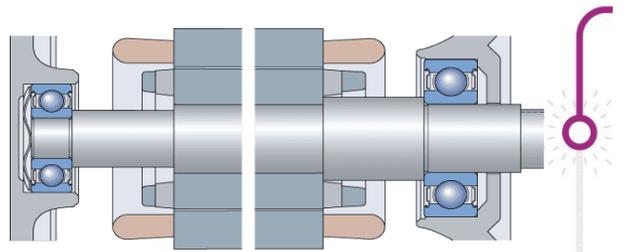
Resolviendo la falla por falta de carga

#CMCMéxico2025

 CONGRESO DE
 MANTENIMIENTO
 & CONFIABILIDAD
 M É X I C O 18^a
 EDICIÓN

43

M T F



$$F = k d$$

F= Fuerza de precarga (kN)

k= factor de precarga

- 0.005 (<tamaño 10)
- 0.01 (≥ tamaño 10)
- 0.02 (vibraciones, sin importar tamaño)

d= Diámetro interior (mm)

#CMCMéxico2025

 CONGRESO DE
 MANTENIMIENTO
 & CONFIABILIDAD
 M É X I C O 18^a
 EDICIÓN

44

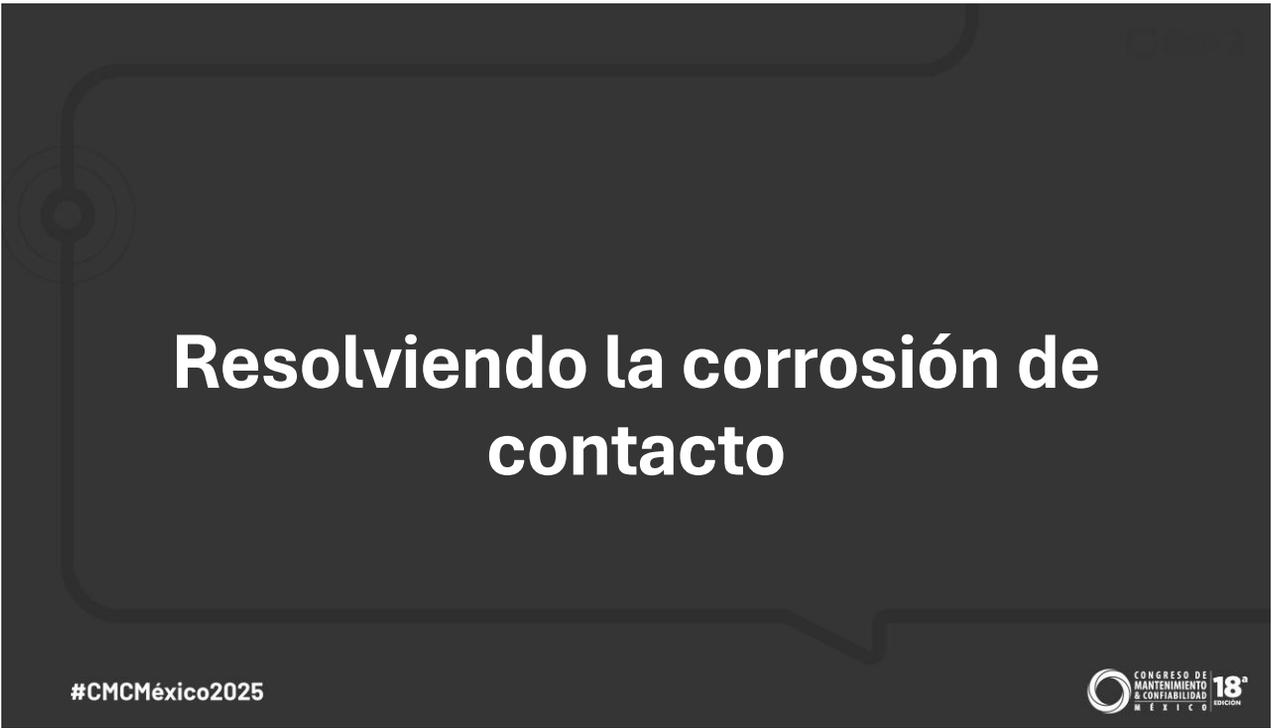


5

Minutos para cálculo.

MTF

45

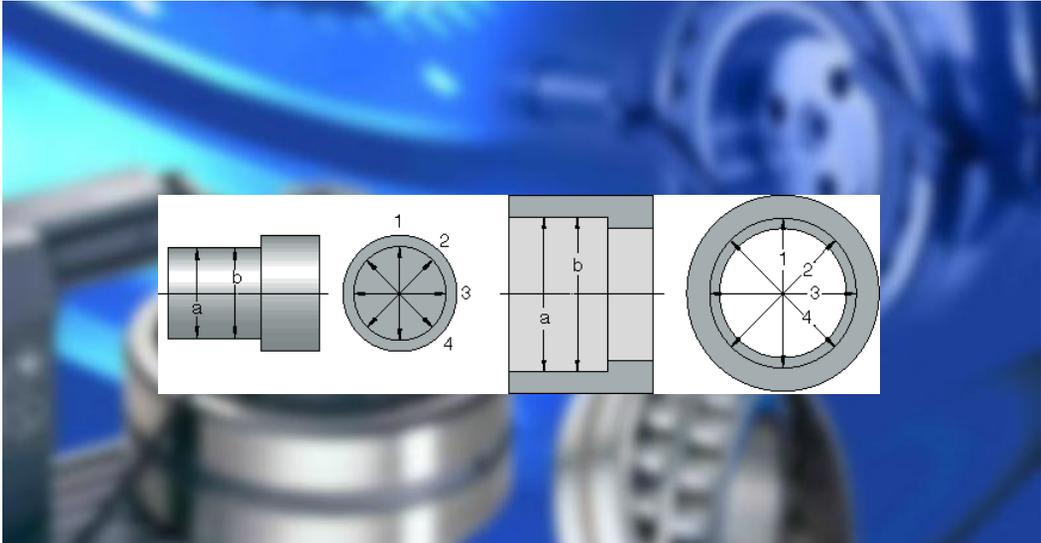


Resolviendo la corrosión de contacto

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

46

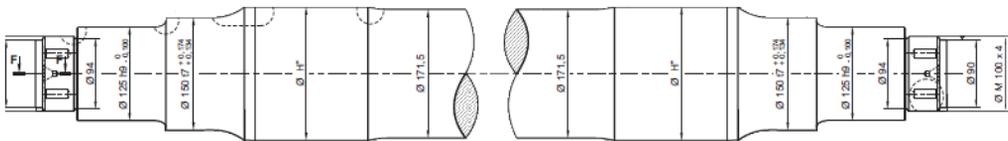


#CMCMéxico2025



47

Cómo especificar la tolerancia



1	Dimensión NOMINAL		
2	Posición	Ejes	Minúsculas
		Alojamiento	Mayúsculas
3	Grado	Cifra	

Ejemplos:

- Ø 100r6
- Ø 45 M7
- Ø 100h9/IT5

#CMCMéxico2025



48

10



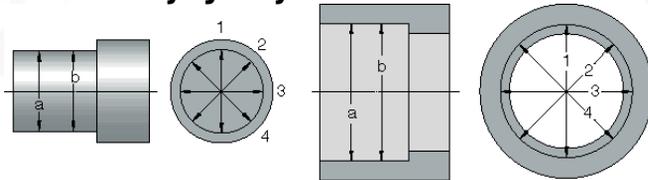
Minutos para cálculo.

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

49

Medidas actuales en eje y alojamiento



Eje

	6217 lado carga		6217 lado libre	
Pos	1	2	1	2
a	85.030mm	85.025mm	85.030mm	85.035mm
b	85.030mm	85.30mm	85.40mm	85.040mm

Alojamiento

	6217 lado carga		6217 lado libre	
Pos	1	2	1	2
a	150.098mm	150.098mm	150.020mm	150.020mm
b	150.098mm	150.098mm	150.020mm	150.020mm

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

50

Selección del ajuste adecuado eje (ISO 286-2)



Condiciones de la aplicación	Ejemplos	Diámetro del eje en mm			Tolerancia
		Rodamientos de bolas	Rodamientos de agujas ⁽²⁾ , de rodillos cilíndricos o cónicos	Rodamientos de rodillos a rótula	
Carga rotativa sobre el aro interior o dirección indeterminada de la carga (aro interior GIRA)					
Cargas ligeras o variables (P≤0.06C)	Transportadores, rodamientos poco cargados en reductores	(18) a 100	≤40	-	j6
		(100) a 140	(40) a 100	-	k6
Cargas normales y elevadas (P>0.06C)	Aplicaciones en general, motores eléctricos, turbinas, bombas, motores de combustión interna, engranajes, máquinas para trabajar la madera	≤18	-	-	j5
		(18) a 100	≤40	≤40	k5 (k6) ³⁾
		(100) a 140	(40) a 100	(40) a 65	m5 (m6) ³⁾
		(140) a 200	(100) a 140	(65) a 100	m6
		(200) a 280	(140) a 200	(100) a 140	n6
		-	(200) a 400	(140) a 280	p6
Cargas muy elevadas y cargas de choque en condiciones de trabajo difíciles (P>0.12C)	Cajas de grasa para material ferroviario pesado, motores de tracción, trenes de laminación	-	-	(280) a 500	r6 ⁴⁾
		-	-	>500	r7 ⁴⁾
		-	(50) a 140	(50) a 100	n6 ⁴⁾
		-	(140) a 200	(100) a 140	p6 ⁴⁾
Es necesaria gran exactitud de giro con cargas ligeras (P≤0.06C)	Máquinas-herramienta	-	>200	>140	r6 ⁴⁾
		≤18	-	-	h5 ⁵⁾
		(18) a 100	≤40	-	j5 ⁵⁾
		(100) a 200	(40) a 140	-	k5 ⁵⁾
-	(140) a 200	-	m5 ⁵⁾		

#CMCMéxico2025



51

Eje - diámetro		Rodamiento - diámetro del agujero		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes										
				Tolerancia μm		CLAVE	Tolerancias μm							
Desde	hasta e inclusive	Δ _{dmp}		Bajo	Alto		k5	k6	m5	m6	n5	n6	n7	n8
18	30	-10	0			*								
				**	21	2	25	2	27	8	31	8	34	15
				***	19	4	22	5	25	10	28	11	32	17
30	50	-12	0	*	13	2	18	2	20	9	25	9	28	17
				**	25	2	30	2	32	9	37	9	40	17
				***	22	5	26	6	29	12	33	13	37	20
50	80	-15	0	*	15	2	21	2	24	11	30	11	33	20
				**	30	2	36	2	39	11	45	11	48	20
				***	26	6	32	6	35	15	41	15	44	24
80	120	-20	0	*	18	3	25	3	28	13	35	13	38	23
				**			45	3	48	13	55	13	58	23
				***			39	9	43	18	49	19	53	28
120	180	-25	0	*	21	3	28	3	33	15	40	15	45	27
				**	46	3	53	3	58	15	65	15	70	27
				***	40	9	46	10	52	21	58	22	64	33

* Desviaciones (diámetro del eje)
 ** Interferencia (+) / Juego (-) TEÓRICOS
 *** Interferencia (+) / Juego (-) PROBABLES

#CMCMéxico2025



52



Condiciones de la Aplicación	Ejemplos	Tolerancia ¹⁾	Desplazamiento del aro exterior
Carga rotativa sobre el aro exterior			
Cargas elevadas sobre rodamientos en soportes de paredes delgadas, cargas de choque elevadas ($P > 0,1 C$)	Cubos de rueda con rodamientos de rodillos, cabezas de articulación	P7	No es posible el desplazamiento
Cargas normales a elevadas ($P > 0,05 C$)	Cubos de rueda con rodamientos de bolas, cabezas de articulación, ruedas de translación en grúas	N7	No es posible el desplazamiento
Cargas ligeras y variables ($P \leq 0,06 C$)	Rodillos transportadores, poleas para cables, poleas tensoras	M7	No es posible el desplazamiento
Sentido indeterminado de la carga			
Cargas de choque elevadas	Motores eléctricos de tracción	M7	No es posible el desplazamiento
Cargas normales a elevadas ($P > 0,06 C$), no es necesario que pueda desplazarse el aro exterior	Motores eléctricos, bombas, rodamientos para cigüeñales	→ K7	No es posible el desplazamiento en general
Dirección indeterminada de la carga (aro exterior NO gira)			
Cargas ligeras y normales ($P \leq 0,12C$), es deseable que el aro exterior pueda desplazarse axialmente	Máquinas eléctricas de tamaño mediano, bombas, rodamientos de soporte para cigüeñales	→ J7	es posible en general

#CMCMéxico2025



53



más de		hasta incl.		inf.	sup.	H6	J7	JS7	J6	JS6	K6	K7						
mm		mm				μm												
10	18	0	-8	0	-8	+11	-8	+10	-9	+9	-5	+6	-5.5	+5.5	-9	+2	-12	+6
18	30	0	-9	0	-9	+13	-9	+12	-10.5	+10.5	-5	+8	-6.5	+6.5	-11	+2	-15	+6
30	50	0	-11	0	-11	+16	-11	+14	-12.5	+12.5	-6	+10	-8	+8	-13	+3	-18	+7
50	80	0	-13	0	-13	+19	-13	+18	-15	+15	-6	+13	-9.5	+9.5	-15	+4	-21	+9
80	120	0	-15	0	-15	+22	-15	+22	-17.5	+17.5	-6	+16	-11	+11	-18	+4	-25	+10
120	150																	
150	180	0	-25	0	-25	+25												

#CMCMéxico2025



54

Resolviendo la lubricación inadecuada

#CMCMéxico2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO 18^a
EDICIÓN

55

Función de la lubricación en rodamientos


 M T F


- Función primaria
Separar las superficies de rodadura
- Controlar el desgaste
 - Reducir la fricción



- Función secundaria
Proteger al rodamiento
- De la corrosión
 - De la contaminación

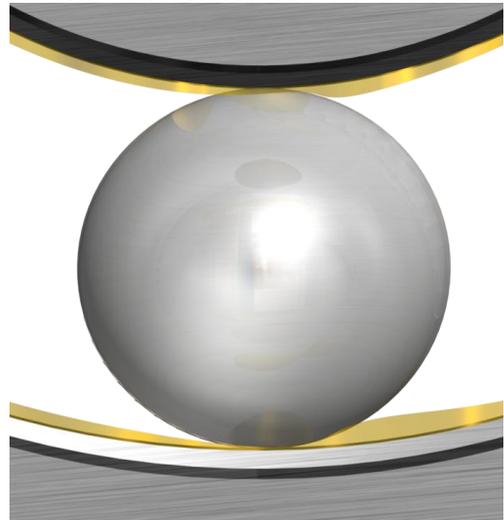
#CMCMéxico2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO 18^a
EDICIÓN

56

El desempeño del lubricante

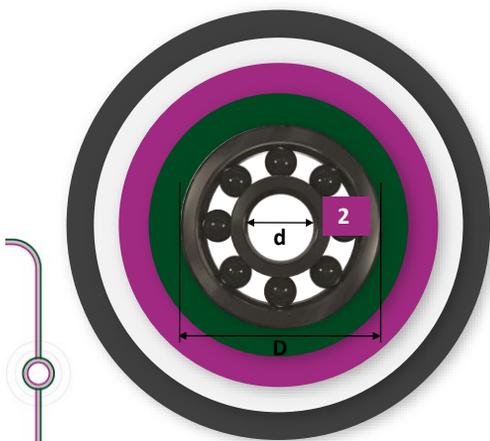
- Los elementos rodantes corren en una delgada capa de lubricante
- No hay contacto metal-metal
- La película de lubricación mide 1/100 del espesor de una hoja de papel y soporta el equivalente a la presión que ejercen 10 autos en una uña
- Se lleva a cabo una lubricación elastohidrodinámica
- Espesor ideal 1-4 μm



57

Factor de velocidad (ndm)

MTF



El factor de velocidad se utiliza para describir la condición de velocidad del rodamiento Ndm (velocidad angular en mm/min).

$$\text{Factor NDm} = N \frac{(d+D)}{2}$$

58

Parámetros de carga, temperatura y velocidad

VELOCIDAD				
		Rodamientos de bolas (ndm)	Rodamientos de rodillos a rótula, cónicos (ndm)	Rodamientos de rodillos cilíndricos (ndm)
MB	Muy baja	-	<30 000	<30 000
L	Baja	<100 000	<75 000	<75 000
M	Media	<300 000	≤210 000	≤270 000
H	Alta	<500 000	>210 000	>270 000
VH	Muy alta	≤700 000	-	-
EH	Extremadamente alta	>700 000	-	-

#CMCMéxico2025

 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO 18^a
EDICIÓN

59

Procedimiento de selección de grasa



Seleccione la **consistencia**



Revise si son necesarios los **aditivos EP** o los **lubricantes sólidos**



Seleccione las **propiedades adicionales** de la grasa



Seleccione la **viscosidad** del aceite base

#CMCMéxico2025

 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO 18^a
EDICIÓN

60

15

Minutos para cálculos.

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

61

Motor Eléctrico (factor de velocidad ndm)

$$dm = \frac{d+D}{2} = \frac{85+150}{2} = 117.5mm \therefore (117.5)(1800) = 211,500 \text{ mm/min}$$



Régimen de velocidad media

- Se puede lubricar con grasa
- Se puede alcanzar una temperatura menor a la actual

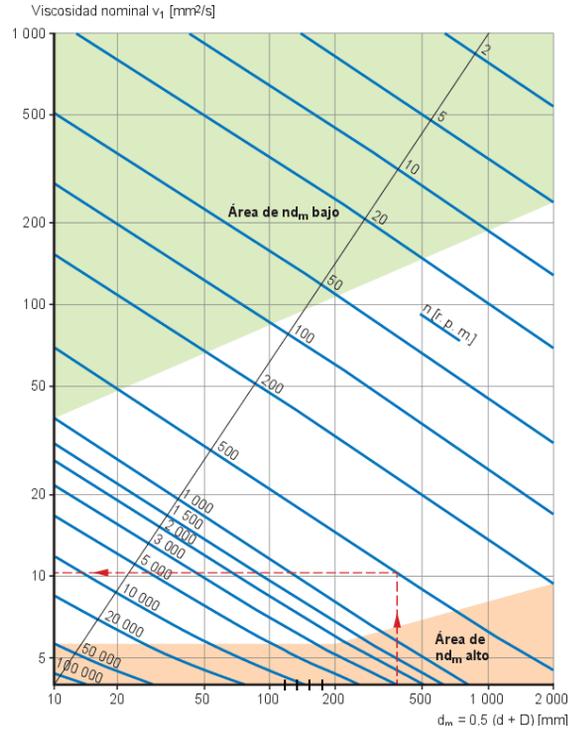


#CMCMéxico2025

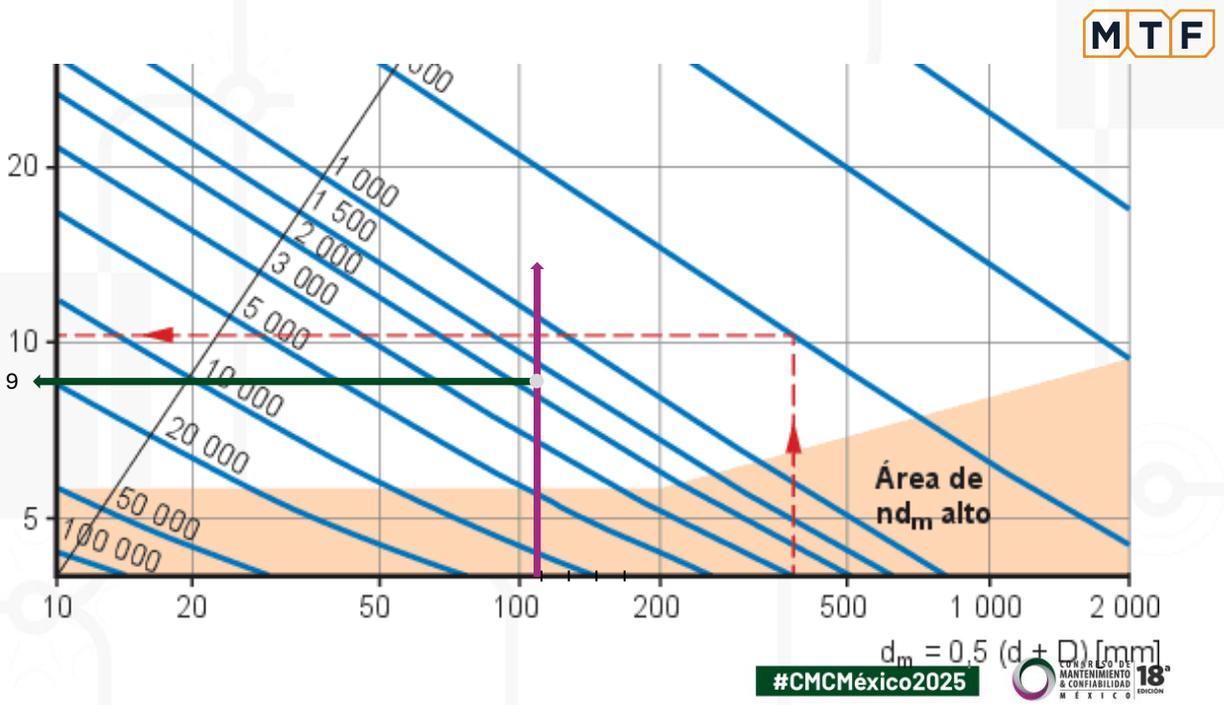
62

Cálculo de viscosidad inicial a la temperatura de operación

- 1 Localice el d_m del rodamiento y trace una línea vertical
- 2 Interseque con la velocidad de giro del rodamiento



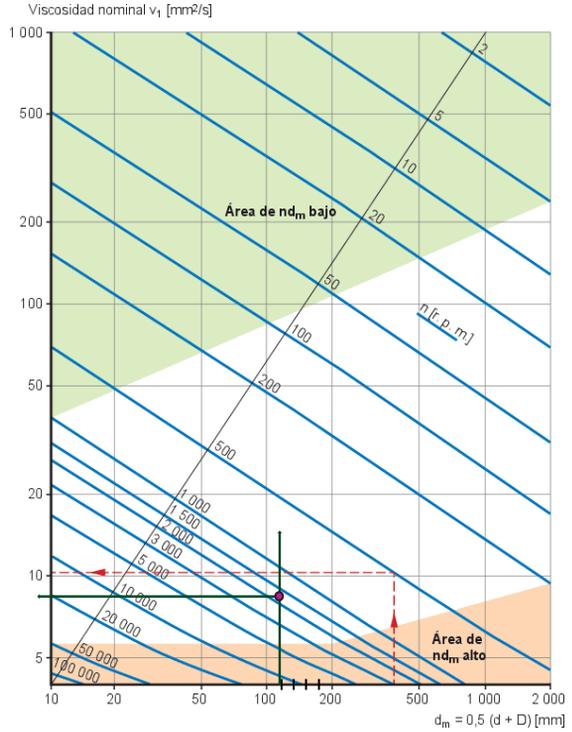
63



64

Cálculo de viscosidad inicial a la temperatura de operación

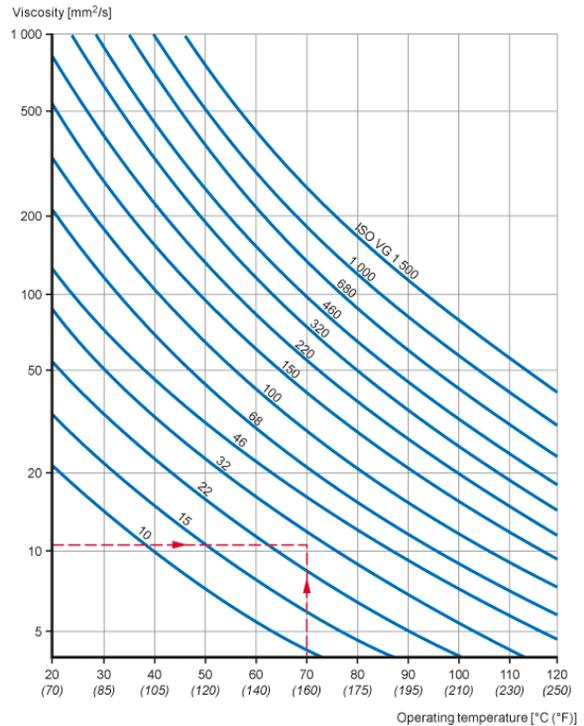
- 1 Localice el d_m del rodamiento y trace una línea vertical
- 2 Interseque con la velocidad de giro del rodamiento
- 3 La resultante es una $V_1 = 9 \text{ mm}^2/\text{s} @ 70^\circ\text{C}$



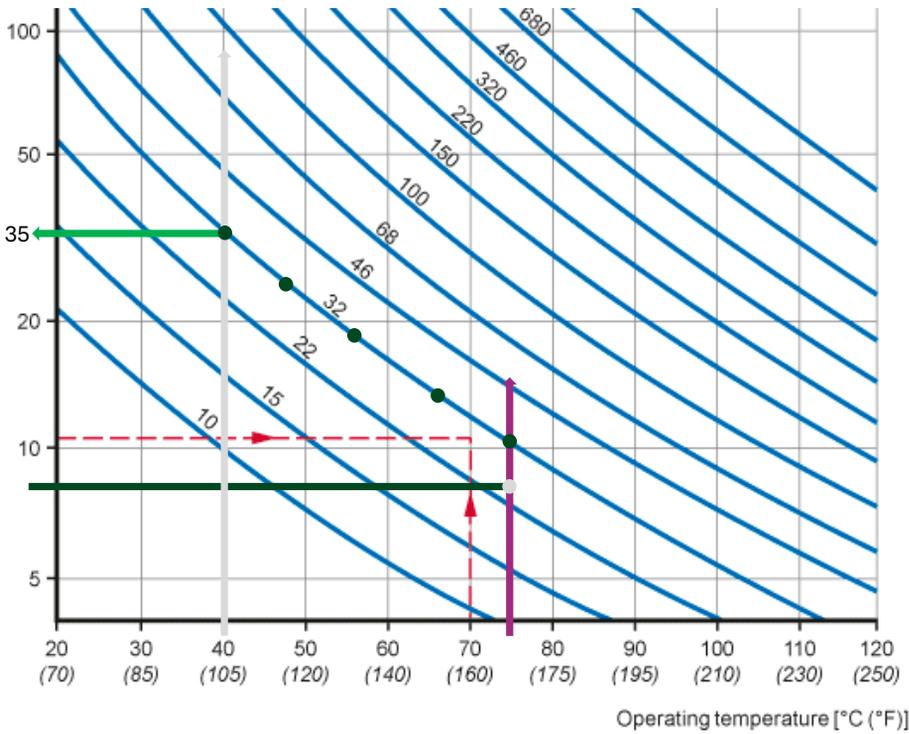
65

Cálculo de la viscosidad necesaria de el lubricante

- 1 Trace la línea horizontal correspondiente a la viscosidad inicial
- 2 Trace dos líneas verticales, a la temperatura de 70°C y otra a la temperatura ISO de 40°C
- 3 Localice el punto donde se cruzan la V_1 con la temperatura de operación
- 4 Escoja la línea inmediata superior ISOVG y lleve el punto a 40° , donde se intersequen, trace una horizontal y tendrá la V_f



66



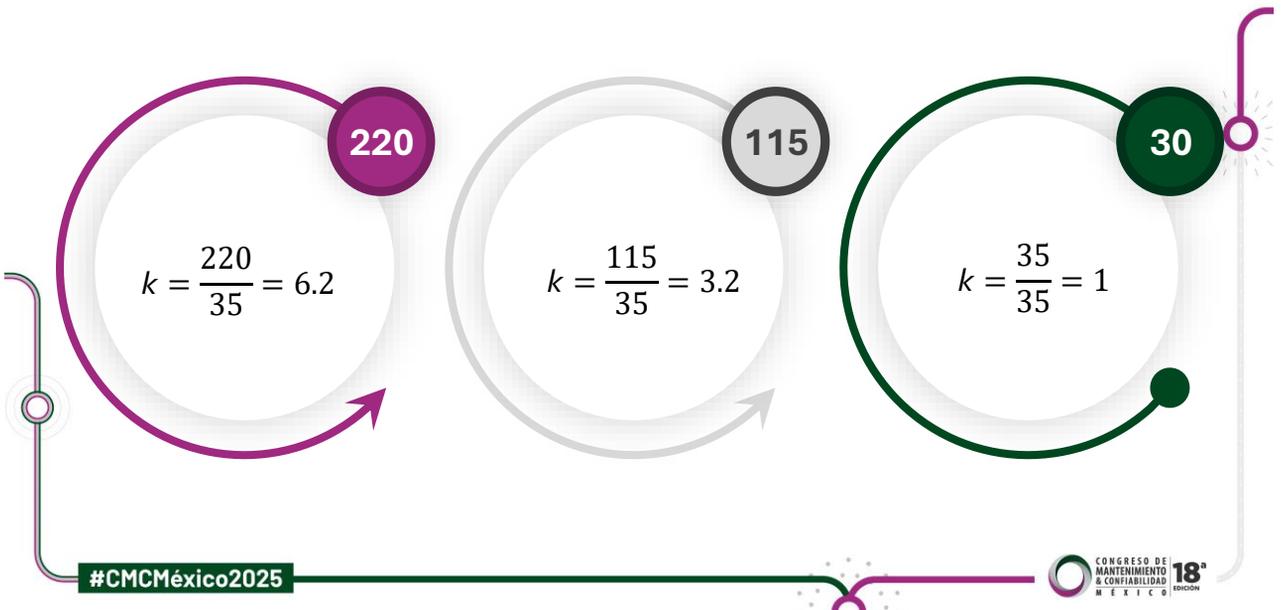
MTF

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICION

67

Evaluación de espesor de película lubricante

MTF



68



ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LOS MODOS DE FALLA EN RODAMIENTOS

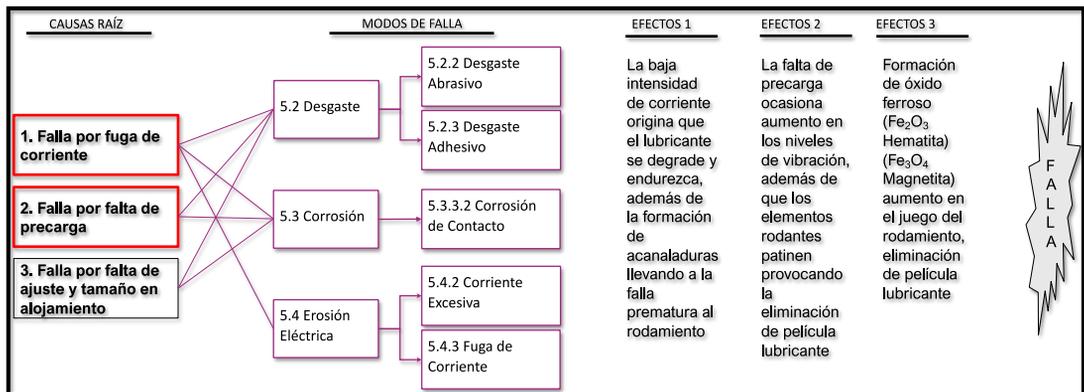
Uniendo los efectos de los modos de falla a la causa raíz



#CMCMéxico2025

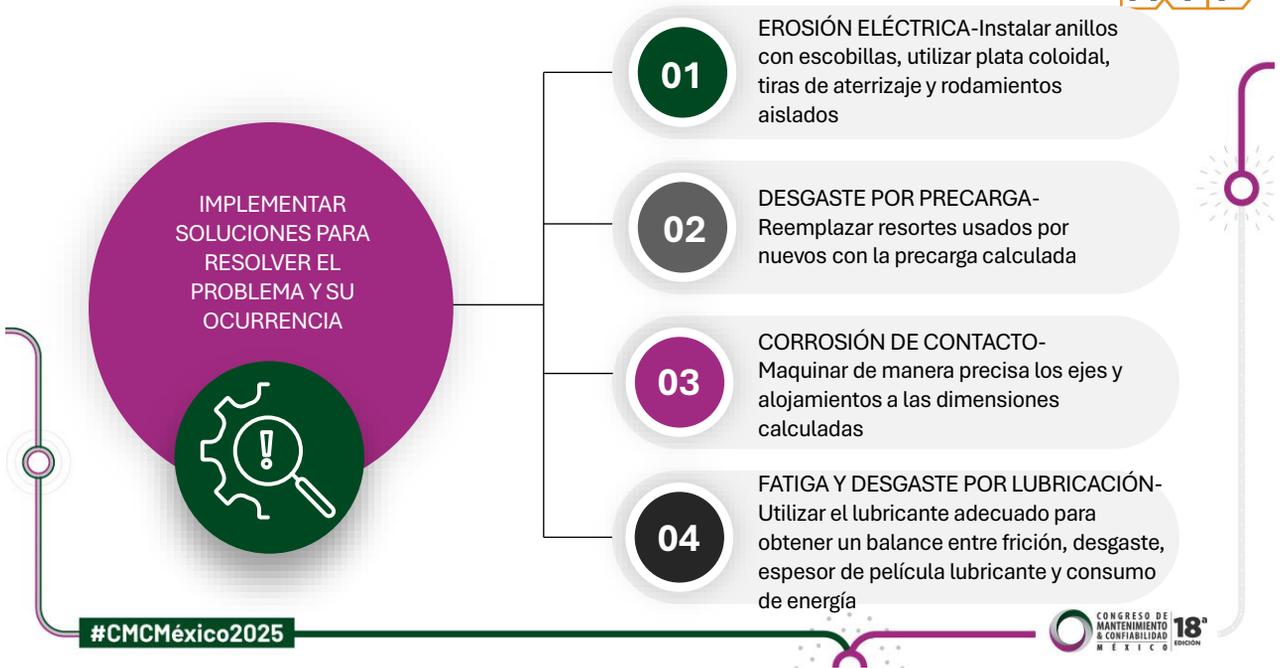


Cierre FMEA



#CMCMéxico2025





71

Conclusiones

- Ponerle nombre al problema
- Definir metodología a usar
- Recopilación de información
- Cálculos (metemáticos, dinámicos, etc)
- Implementar las acciones
- Seguimiento a los resultados
- Manejar las consecuencias de la falla

#CMCMéxico2025

72

El rodamiento es una pieza de precisión y debe ser tratado como tal

#CMCMéxico2025



73



iGracias!



F. Alejandro Perez Martinez
Speaker, Bearing Specialist and Brand Ambassador, Especialista en análisis...



Alejandro Pérez Martínez

aperez@mtfrodamientos.com

+52 22-21-88-24-09

74