

# Rodamientos aislados eléctricamente de SKF



# Prácticamente eliminan los eléctricas parásitas

## El problema de los daños a los rodamientos causados por las corrientes eléctricas parásitas

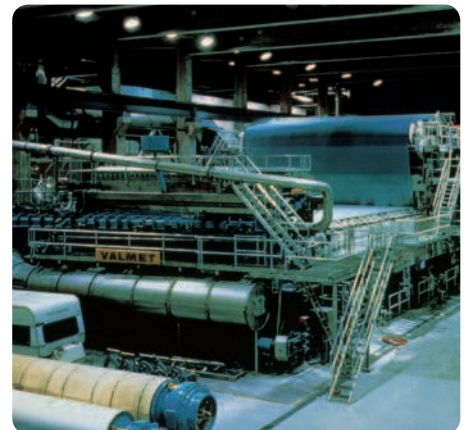
Cuando una corriente parásita en un motor eléctrico pasa por un rodamiento para llegar a tierra, éste puede sufrir daños. Las causas más comunes de las corrientes eléctricas parásitas son: asimetría en el circuito magnético del motor, cables eléctricos sin pantalla y convertidores de frecuencia modulados por la anchura del impulso (PWM) de conmutación rápida utilizados en los accionamientos de frecuencia variable (VFD) modernos. La creciente popularidad de los VFD está directamente relacionada con el aumento de daños que sufren los rodamientos por corrientes eléctricas.

Cuando una corriente eléctrica pasa por un rodamiento, puede provocar micro cráteres en los caminos de rodadura de los aros inte-

rior y exterior y en las superficies de los elementos rodantes (→ **fig. 1**). El calor que generan las descargas funde los componentes metálicos localmente creando pequeños cráteres y cambios en la estructura del metal. A consecuencia de este daño inicial, pueden aparecer ondulaciones en caminos de rodadura y elementos rodantes (para rodamientos de rodillos) (→ **fig. 2**). Este daño secundario es desgaste provocado por el efecto dinámico de los elementos rodantes al rodar sobre los pequeños cráteres. Las descargas eléctricas también cambian la composición del lubricante que se degrada más rápido y falla prematuramente (→ **fig. 3**).

Una vez iniciado el daño por la erosión eléctrica, el aumento de ruido, la menor eficacia del lubricante, el aumento de calor y finalmente una vibración excesiva, contribuyen a reducir considerablemente la vida útil del rodamiento.

*Las corrientes eléctricas parásitas se pueden producir en prácticamente cualquier lugar, desde las turbinas eólicas, hasta las fábricas de papel*



# efectos dañinos de las corrientes

## Solución rentable

Para resolver este problema, SKF ha desarrollado dos soluciones de rodamientos eléctricamente aislados: los rodamientos híbridos SKF y los rodamientos INSOCOAT. La solución que se elija dependerá de la gravedad y causa de la corriente eléctrica parásita y del tamaño del rodamiento. En cualquier caso, los rodamientos híbridos SKF y los rodamientos INSOCOAT ofrecen varias ventajas

- dos funciones en una solución:
  - la función de rodamiento
  - aislamiento eléctrico
- prácticamente eliminan por completo los fallos prematuros de los rodamientos provocados por las corrientes eléctricas parásitas

### Micro cráteres

Los micro cráteres son el resultado del paso de la corriente eléctrica por los rodamientos. La superficie dañada aparece mate y se caracteriza por pequeños cráteres con diámetros de unas pocas micras.



Fig. 1

- aumentan el tiempo operativo de la máquina
- reducen los costes de mantenimiento
- proporcionan una solución económica en comparación con otras soluciones de aislamiento
- disponibilidad en todo el mundo.

## Gama de productos recomendada

SKF ha definido una gama recomendada de rodamientos híbridos e INSOCOAT diseñados específicamente para motores y generadores eléctricos. Esta gama permite una entrega rápida y segura en todo el mundo.

### Estrías u ondulaciones

La aparición de estrías en los caminos de rodadura podría indicar que ha pasado una corriente eléctrica por el rodamiento. Las estrías no son los daños principales que causan las corrientes eléctricas parásitas, pero sí son daños secundarios que aparecen con el tiempo.

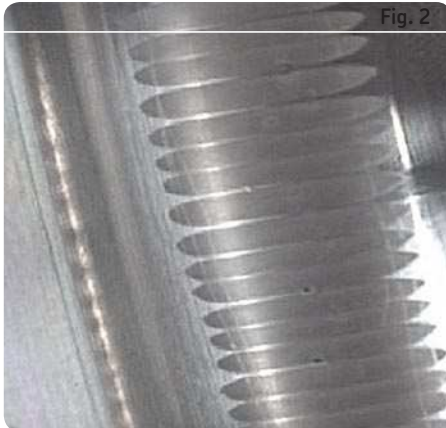
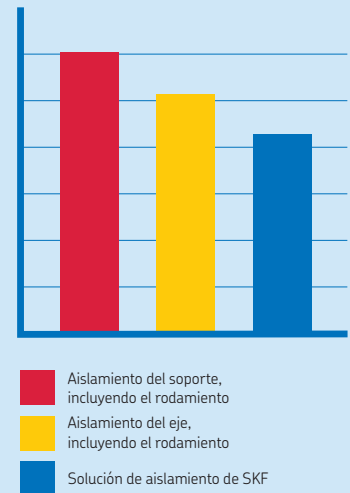


Fig. 2

Coste total de la solución de rodamientos aislados SKF en comparación con el de otros métodos de aislamiento



### Oscurecimiento del lubricante

Las descargas eléctricas hacen que se queme y endurezca el aceite base del lubricante, mermando su capacidad de lubricación.



Fig. 3





# INSOCOAT

Un rodamiento INSOCOAT es una solución muy económica en comparación con otros métodos de aislamiento que protegen al rodamiento del paso de las corrientes eléctricas. Al integrar la función de aislamiento eléctrico en el rodamiento, SKF ha logrado incrementar la fiabilidad y el tiempo operativo de las máquinas, prácticamente eliminando por completo los efectos nocivos de las corrientes eléctricas parásitas.

## Diseños de los rodamientos INSOCOAT

La gama estándar de rodamientos INSOCOAT está disponible en los tamaños y variantes más populares como

- rodamientos rígidos de una hilera de bolas
- rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos.

Los datos sobre rendimiento y precisión dimensional y de funcionamiento de los rodamientos INSOCOAT son idénticos a los de los rodamientos estándar no aislados.

### Rodamientos INSOCOAT con aro exterior recubierto

Los rodamientos con recubrimiento eléctricamente aislante en las superficies externas del aro exterior son los rodamientos INSOCOAT más comunes. Se identifican por el sufijo VL0241.

Se recomienda el uso de rodamientos INSOCOAT para motores de tamaño medio que utilizan rodamientos de tamaño 6215, 6313 o superior. Para las aplicaciones que requieren rodamientos más pequeños, SKF recomienda los rodamientos rígidos de bolas híbridos.

### Rodamientos INSOCOAT con aro interior recubierto

Los rodamientos con un recubrimiento eléctricamente aislante en las superficies exteriores del aro interior, proporcionan mayor protección contra los daños provocados por las corrientes eléctricas. La protección adicional se debe a la mayor impedancia gracias a una superficie recubierta más pequeña. Los rodamientos con el aro interior recubierto se identifican con el sufijo VL2071 y se recomiendan para los motores de mayor tamaño (normalmente para los tamaños de rodamiento 6226, 6324 y superior) o para otras aplicaciones en las que los rodamientos pueden verse expuestos a tensiones altas del eje.

## Características técnicas y ventajas

- Se aplica el recubrimiento mediante un “spray” de plasma. Los sofisticados procesos de pre y post aplicación ofrecen una calidad de recubrimiento excepcional.
- Los rodamientos INSOCOAT están tratados con un agente impermeabilizante exclusivo que protege contra la penetración de humedad y agua en el recubrimiento, lo que podría reducir su eficacia.
- Debido a la calidad de aplicación y los procesos de acabado, los rodamientos INSOCOAT proporcionan un aislamiento fiable y consistente que es prácticamente insensible al calor, la humedad y los productos químicos.
- SKF puede proporcionar valores para los parámetros eléctricos correspondientes de los rodamientos (capacitancia, impedancia) a fin de optimizar la solución de aislamiento, sea cual sea su aplicación.
- Los rodamientos INSOCOAT son ecológicos.
- Los rodamientos INSOCOAT con el recubrimiento en el aro exterior son adecuados para cualquier tipo de soporte. No se requieren precauciones adicionales durante el montaje.

## Dimensiones

Las dimensiones principales de los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de rodillos cilíndricos INSOCOAT cumplen con la normativa ISO 15:1998.

## Tolerancias y ajustes

Los rodamientos INSOCOAT se fabrican con tolerancias Normales. Algunos rodamientos rígidos de bolas también están disponibles con una mayor precisión según la clase de tolerancia P5.

La capa de óxido de aluminio que se aplica a las superficies externas de los aros exterior e interior, no afecta a la precisión de giro.

Los rodamientos INSOCOAT se pueden montar con los mismos ajustes que los rodamientos estándar en un motor o generador eléctrico, sin riesgo de dañar el recubrimiento. Se pueden utilizar ajustes de hasta P6 (inclusive) para los rodamientos con el aro interior recubierto y P6 para los rodamientos con el aro exterior recubierto.

## Juego interno

Los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de rodillos INSOCOAT estándar se fabrican con un juego radial interno correspondiente a la clase que indica la designación del rodamiento. Antes de realizar el pedido, compruebe la disponibilidad de rodamientos con juegos que no sean estándar.

## Jaulas

Dependiendo de su tipo y tamaño, los rodamientos INSOCOAT están equipados con una de las siguientes jaulas

- una jaula remachada de chapa de acero, sin sufijo en su designación, o
- una jaula mecanizada de latón de dos piezas, centrada en los elementos rodantes, con sufijo M en su designación.

## Propiedades eléctricas

Los rodamientos INSOCOAT proporcionan una protección eficaz contra la corriente continua y alterna. Las especificaciones para los distintos rodamientos son:

**VL0241** Resistencia eléctrica: mín. 50 MΩ, tensión de ruptura: máx. tensión de funcionamiento 1 000 V CC.

**VL0246** Resistencia eléctrica: > 150 MΩ, tensión de ruptura: máx. tensión de funcionamiento 3 000 V CC.

**VL2071** Resistencia eléctrica: mín. 50 MΩ, tensión de ruptura: máx. tensión de funcionamiento 1 000 V CC.

**VL2074** Resistencia eléctrica: > 150 MΩ, tensión de ruptura: máx. tensión de funcionamiento 2 000 V CC.

## Diseño de los componentes adyacentes

Para aprovechar al máximo las propiedades de aislamiento de los rodamientos INSOCOAT, SKF recomienda lo siguiente:

- Para los rodamientos con el aro exterior recubierto (sufijo VL0241), el resalte del soporte o el casquillo distanciador no deberían tener un diámetro inferior a las dimensiones del resalte  $d_{a \text{ mín}}$  mostradas en las tablas de productos. Para las dimensiones del resalte VL0246, póngase en contacto con SKF.
- Para los rodamientos con el aro interior recubierto (sufijo VL2071), el resalte del eje o el casquillo distanciador no deberían tener un diámetro superior a las dimensiones del resalte  $d_{a \text{ máx}}$  mostradas en las tablas de productos. Para las dimensiones del resalte VL2074, póngase en contacto con SKF.



*El recubrimiento se puede aplicar tanto al aro exterior como al interior para proteger al rodamiento de los daños causados por las corrientes eléctricas. Sufijo VL0241 o VL2071 respectivamente.*







# Rodamientos híbridos – más que un aislante

Los rodamientos híbridos tienen los aros de acero para rodamientos y los elementos rodantes de nitruro de silicio para rodamientos ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Dado que el nitruro de silicio es un aislante extraordinario, se pueden utilizar los rodamientos híbridos eficazmente para aislar el soporte del eje en motores de CA y CC, así como en generadores.

Además de ser un aislante excepcional, los rodamientos híbridos admiten mayores velocidades y ofrecen una vida útil más larga bajo las mismas condiciones de funcionamiento que un rodamiento de tamaño similar hecho totalmente de acero.

## Características y ventajas

### Baja densidad

La densidad de un elemento rodante de nitruro de silicio para rodamientos es un 60 % inferior a la de un elemento rodante hecho de acero para rodamientos. Para rodamientos de tamaño similar, menos peso significa menos inercia. Esto se traduce en un rendimiento superior durante arranques y paradas bruscos, así como mayores velocidades.

### Menor fricción

La menor densidad de un elemento rodante de nitruro de silicio combinada con su bajo coeficiente de fricción, reduce de manera considerable la temperatura de los rodamientos a altas velocidades. El funcionamiento a menor temperatura aumenta la vida útil del rodamiento y del lubricante.

### Dureza y módulo de elasticidad elevados

El alto grado de dureza de un elemento rodante de nitruro de silicio implica una alta resistencia al desgaste y una vida útil más larga en entornos contaminados, mientras que el módulo elevado de elasticidad implica un rodamiento más rígido.

### Bajo coeficiente de dilatación térmica

Un elemento rodante de nitruro de silicio tiene un menor coeficiente de dilatación térmica

que uno de tamaño similar hecho de acero para rodamientos. Esto implica menos sensibilidad a los gradientes de temperatura a altas temperaturas y se obtiene así un control mejor y más preciso de la precarga.

### Más velocidad y durante más tiempo

Si combinamos la baja densidad del nitruro de silicio con su bajo coeficiente de fricción, alta dureza y el hecho de que el nitruro de silicio no genera adherencias en los caminos de rodadura bajo condiciones de lubricación insuficiente, el resultado será un rodamiento que funciona a mayor velocidad y durante más tiempo, incluso bajo las condiciones de funcionamiento más adversas.

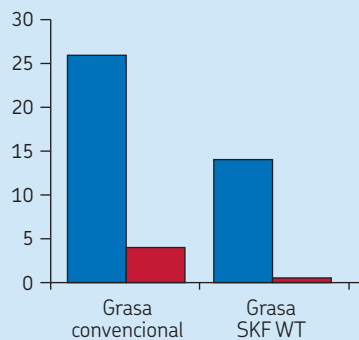
### Resistente a la vibrocorrosión

Si un rodamiento estacionario está sometido a vibraciones, existe el riesgo de que se produzca una vibrocorrosión. La vibrocorrosión es la formación de pequeñas muescas en los caminos de rodadura que acabarán provocando el descascarillado y el fallo prematuro del rodamiento. En los casos en los que se han sustituido las bolas de acero con bolas de cerámica, se ha observado que los rodamientos eran mucho menos susceptibles a la vibrocorrosión.

Diagrama 1

#### Vibrocorrosión a 25 Hz

Pérdida de peso [mg]



■ Rodamientos totalmente de acero  
■ Rodamientos híbridos

Se ha comprobado que los rodamientos híbridos con grasa SKF para una amplia gama de temperaturas (WT), sufren menos daños por vibrocorrosión que los rodamientos que contienen otros tipos de grasas (→ **diagrama 1**).

## Jaulas

Dependiendo de su tamaño, los rodamientos rígidos de bolas híbridos estándar de SKF están equipados con

- una jaula de poliamida 6,6 reforzada con fibra de vidrio y moldeada por inyección, de montaje a presión, o
- una jaula de chapa de acero remachada.

Los rodamientos híbridos con una jaula de poliamida 6,6 pueden funcionar a temperaturas de +120 °C.

### Poliéter-éter-cetona (PEEK)

El uso de jaulas de PEEK reforzadas con fibra de vidrio es cada vez más común para las aplicaciones con altas velocidades o temperaturas. El PEEK ofrece una combinación superior de resistencia y flexibilidad y no presenta signos de envejecimiento por las altas temperaturas o los aditivos del aceite. La temperatura máxima de uso se limita a +150 °C, ya que ésta es la temperatura de reblandecimiento del polímero. Para más información sobre las jaulas de PEEK, contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

## Obturaciones

La gama estándar de rodamientos híbridos SKF para motores eléctricos consta principalmente de rodamientos rígidos de una hilera de bolas. Obturados y engrasados de por vida, los rodamientos rígidos de bolas híbridos de SKF están protegidos por ambos lados con

- una obturación RSL de baja fricción, para rodamientos con un diámetro exterior de ≤ 52 mm, sufijo 2RSL en su designación
- una obturación RZ de baja fricción, para rodamientos con un diámetro exterior de > 52 mm, sufijo 2RZ en su designación
- una obturación rozante RS1, para rodamientos con un diámetro exterior de ≤ 90 mm, sufijo 2RS1 en su designación.

Todas las obturaciones están hechas de caucho nitrilo (NBR) con un refuerzo de chapa de acero. El margen de temperaturas de funcionamiento admisibles para estas obturaciones es de -40 a +100 °C y hasta +120 °C durante breves períodos de tiempo. Para temperaturas de funcionamiento de hasta +180 °C, existen obturaciones de caucho fluorado. Para más información sobre estas obturaciones, contacte con el departamento de Ingeniería de Aplicaciones de SKF.

## Lubricación

El rodamiento híbrido obturado estándar está lleno con un lubricante de alta calidad que tiene un aceite base de éster sintético, con un espesante de poliurea (sufijo WT en su designación). Esta grasa, adecuada para un margen de temperaturas de funcionamiento de +70 a +120 °C, presenta unas propiedades de lubricación excelentes y proporciona una vida útil extremadamente larga.

Los rodamientos híbridos funcionan de un modo excelente bajo condiciones de vibraciones u oscilaciones. Por tanto, no suele ser necesario aplicar grasas especiales para estas condiciones.

### Comparación de las propiedades del acero y del nitruro de silicio para rodamientos

Propiedades del material	Acero para rodamientos	Nitruro de silicio para rodamientos
<b>Propiedades mecánicas</b>		
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	7,9	3,2
Dureza, HV 10	700	1 600
Módulo de elasticidad (GPa)	210	310
Dilatación térmica (10 <sup>-6</sup> /K)	12	3
<b>Propiedades eléctricas (a 1 MHz)</b>		
Resistividad eléctrica (Ωm)	0,4 × 10 <sup>-6</sup> (conductor)	10 <sup>12</sup> (aislante)
Resistencia dieléctrica (kV/mm)	–	15
Constante dieléctrica relativa	–	8

## Duración del lubricante en rodamientos híbridos

Según las pruebas efectuadas, la grasa SKF para un amplio rango de temperaturas (WT) ofrece una vida útil muy larga cuando se utilizan con rodamientos híbridos obturados, incluso a velocidades y temperaturas elevadas. Un ejemplo (→ **diagrama 2**) muestra cómo la vida de la grasa WT en rodamientos híbridos superó cuatro veces la de la grasa en rodamientos totalmente de acero. El diámetro del eje era de 20 mm, la velocidad de 20 000 rpm y la temperatura de funcionamiento de +120 °C.

La mayoría de los rodamientos rígidos de bolas híbridos de SKF se suministran obturados y engrasados de por vida.

SKF recomienda la relubricación de los rodamientos abiertos con la grasa SKF LGHP 2. En general, el intervalo de relubricación es entre 3 y 5 veces más largo que para los rodamientos totalmente de acero.

Para aplicaciones con velocidades muy elevadas y temperaturas inferiores a los +70 °C, se recomienda el uso de la grasa SKF LGLT 2.

El margen de temperaturas de funcionamiento recomendado para los rodamientos, a fin de lograr la máxima duración del lubricante, es de +70 a +120 °C.

## Cargas equivalentes

La carga dinámica y estática equivalente de los rodamientos rígidos de bolas híbridos se calcula utilizando las ecuaciones para los rodamientos rígidos de bolas totalmente de acero.

## Sufijos típicos para los rodamientos híbridos

Los sufijos utilizados en las designaciones para identificar ciertas características de los rodamientos rígidos de bolas híbridos de SKF se explican a continuación.

- C3** Juego radial interno mayor que Normal
- HC5** Elementos rodantes de nitruro de silicio
- TNH** Jaula de poliéter-éter-cetona (PEEK) moldeada por inyección, de montaje a presión
- TN9** Jaula de poliamida 6,6 reforzada con fibra de vidrio y moldeada por inyección, de montaje a presión
- WT** Grasa con un espesante de poliurea, de consistencia 2-3 en la escala NLGI para un margen de temperaturas de -40 a +160 °C (grado de llenado normal)
- 2RS1** Obturación rozante de caucho nitrilo (NBR), reforzada con chapa de acero, a ambos lados del rodamiento

- 2RSH2** Obturación rozante de caucho fluorado (FKM), reforzada con chapa de acero, a ambos lados del rodamiento
- 2RSL** Obturación de baja fricción de caucho nitrilo (NBR), reforzada con chapa de acero, a ambos lados del rodamiento
- 2RZ** Obturación de baja fricción de caucho nitrilo (NBR), reforzada con chapa de acero, a ambos lados del rodamiento

## Dimensiones, tolerancias, juego interno

Los rodamientos rígidos de bolas híbridos de SKF se suministran, como estándar, con

- dimensiones principales según ISO 15:1998
- tolerancia Normales según ISO 492:2002
- juego radial interno C3 según ISO 5753:1991.

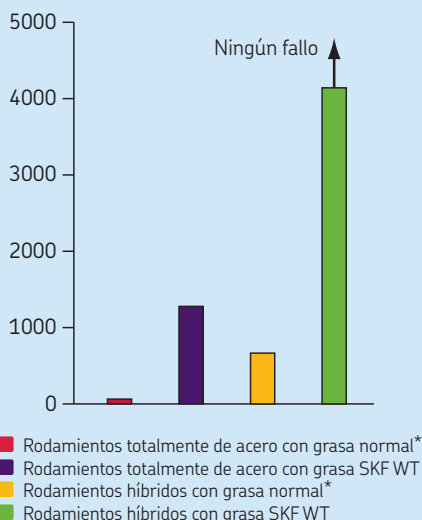
## Recomendaciones para el montaje

Los rodamientos híbridos requieren el mismo trato y sistema de montaje que los rodamientos convencionales totalmente de acero. Utilice siempre las herramientas adecuadas y los métodos de montaje y desmontaje apropiados.

Diagrama 2

### Larga duración de la grasa SKF WT en rodamientos híbridos

Vida media de la grasa L<sub>50</sub> [horas]



\*A +120 °C (temperatura máx. para la grasa normal)

### Grasas que ofrecen una larga duración en rodamientos híbridos

Grasa SKF	Margen de temperaturas*
WT	de -40 a +160 °C
LGHP 2	de -40 a +150 °C

\*Para más información sobre las temperaturas de funcionamiento seguras, consulte el capítulo "Lubricación" en el Catálogo General SKF





---

® SKF e INSOCOAT son marcas registradas del Grupo SKF.

© Grupo SKF 2008

El contenido de esta publicación es propiedad de los editores y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización. Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicha información.

Publicación **6160 ES** · Febrero 2008

Esta publicación sustituye las publicaciones 5128 Sp y 5225 Sp.

Impreso en Suecia en papel ecológico.

