

Lubricación

■ Generalidades	122
<i>Elección del tipo de lubricante</i>	122
Lubricación por grasa	123
■ Características de las grasas	123
■ Colocación	124
■ Elección de la grasa	125
■ Cantidad de grasa	128
Lubricación por aceite	131
■ Sistemas de lubricación	132
■ Cantidad de aceite	134

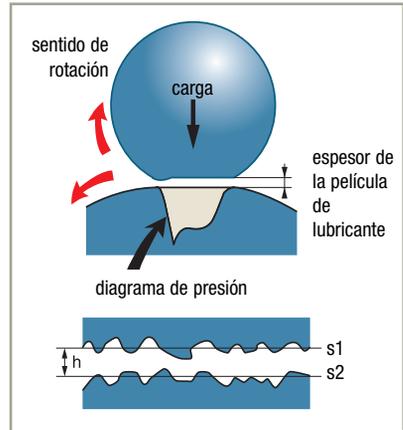
Generalidades

La lubricación es un elemento esencial para el buen funcionamiento del rodamiento.

El 70% de las averías de los rodamientos se debe a problemas de lubricación.

La lubricación tiene por objetivo interponer una película de lubricante (llamada película de aceite) entre los cuerpos rodantes y la pista de rodadura, con el fin de evitar el desgaste y el gripado de los elementos en contacto.

Además, el lubricante asegura protección contra la oxidación y la polución exterior y, en el caso del aceite, refrigera.



La duración de vida de un rodamiento está ligada directamente a la eficacia de la película de aceite, que depende de:

- la naturaleza del lubricante y por tanto de su capacidad de aguantar temperatura, velocidad...
- la carga y la velocidad del rodamiento

La influencia de la lubricación sobre la duración de vida puede ser determinada de acuerdo con la información de la página 77.

→ Elección del tipo de lubricante

	Lubricación por aceite	Lubricación por grasa
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Buena penetración en el rodamiento ▶ Buena estabilidad físico – química ▶ Refrigeración ▶ Fácil control del lubricante: estado y nivel 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Limpieza del mecanismo ▶ Estanquidad más fácilmente conseguida ▶ Barrera de protección ▶ Simplicidad de los montajes ▶ Facilidad de manipulación ▶ Reducción o supresión del engrase adicional ▶ Posibilidades de utilizar rodamientos preengrasados
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Estanquidad del montaje necesaria ▶ En caso de parada prolongada, mala protección contra oxidación y humedad ▶ Retraso en el arranque cuando es necesaria una puesta en marcha autónoma del circuito previa a la rotación 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Coeficiente de rozamiento mayor que el aceite ▶ Evacuación térmica más débil ▶ El reemplazamiento (si es necesario) requiere el desmontaje del rodamiento y su lavado ▶ No es posible verificar el nivel de grasa, por lo que se necesita una retención de grasa fiable o bien un aporte periódico para compensar las fugas, la polución o el envejecimiento

Lubricación por grasa

Características de las grasas

■ Una grasa es un producto de consistencia semi – fluida a sólida, obtenido por dispersión de un agente espesante (jabón) en un líquido lubricante (aceite mineral o sintético). Para aportar ciertas propiedades particulares, se pueden incluir productos aditivos.

La creciente utilización de rodamientos lubricados con grasa, asociada al desarrollo del concepto de engrase de por vida, hacen de la grasa un componente del rodamiento por derecho propio. La duración de vida del rodamiento, su comportamiento en ambientes diversos, están ampliamente condicionados por las propiedades de la grasa empleada.

■ Características físico – químicas

Consistencia

▶ Grados NLGI (National Lubrication Grease Institute) correspondientes a un valor de penetración en la grasa trabajada (según especificación de ensayo ASTM/D217).

▶ Para los rodamientos, la consistencia retenida es, en general, del grado 2.

Grados NLGI	Penetración trabajada	Consistencia
0	385 - 355	Semi-fluida
1	340 - 310	Muy blanda
2	295 - 265	Blanda
3	250 - 220	Media
4	205 - 175	Semi-dura

Viscosidad del aceite de base: generalmente definida en cSt (mm²/s) a 40°C.

Densidad: del orden de 0,9.

Punto de gota: temperatura a la cual cae la primera gota de una grasa licuada por calentamiento de una muestra.

Orden de magnitud: 180° C/260° C según los componentes de la grasa. La temperatura máxima de utilización de la grasa es siempre muy inferior al punto de gota.

■ Características funcionales

Las condiciones de trabajo impuestas al lubricante (laminado, amasado) requieren grasas especiales para rodamientos que no pueden seleccionarse únicamente a partir de sus características físico – químicas.

El centro de Investigación y Ensayos de SNR Rodamientos procede permanentemente a ensayos de homologación sobre rodamientos que nos permiten aconsejar la grasa mejor adaptada a la aplicación.

Las especificaciones de homologación se centran en los criterios de base siguientes:

- duración en rodamientos de bolas
- duración en rodamientos de rodillos
- comportamiento en agua
- comportamiento en alta y baja temperatura
- adherencia (centrifugado)
- resistencia a las vibraciones (falso efecto Brinell)
- comportamiento a gran velocidad,
- etc...

Estos criterios son susceptibles de ser completados en función del resultado requerido por el cliente. La selección para una aplicación es un compromiso realizado a partir de las especificaciones de la aplicación.

Lubricación por grasa

Colocación

Los rodamientos estancos y protegidos se dotan de grasa en su fabricación. Para los demás, el aporte de grasa debe hacerse con mucho cuidado para no penalizar las prestaciones del rodamiento.

■ Método de aporte de la grasa

La limpieza es esencial

Todo cuerpo extraño que se encuentre en la grasa puede conllevar la destrucción prematura del rodamiento.

- Limpiar bien el entorno del rodamiento
- Proteger los recipientes de grasa de la polución
- La utilización del tubo o del cartucho es una garantía de limpieza

La grasa debe ser depositada lo más cerca posible de las partes activas del rodamiento (pistas y cuerpos rodantes)

Hacer penetrar la grasa entre la jaula y la pista del anillo interior, principalmente en los rodamientos de contacto oblicuo y los rodamientos a rótula.

Para cada apoyo anotar la fecha de las lubricaciones hechas y por hacer, y el tipo y peso de la grasa.

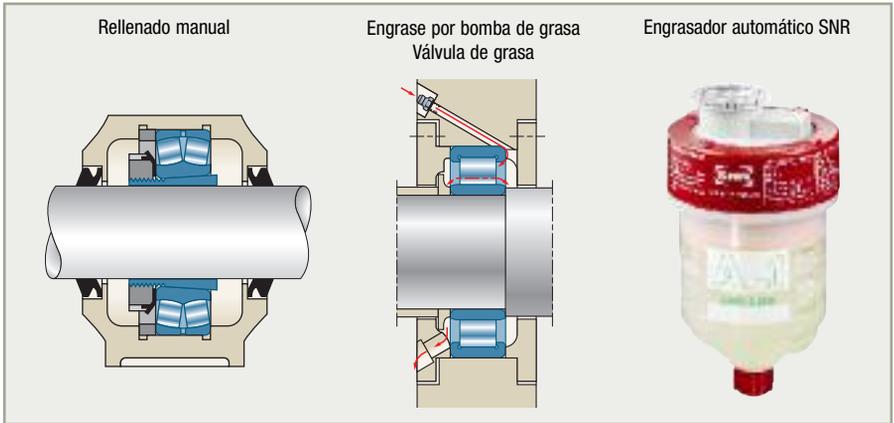
► Soportes y rodamientos con dispositivo de engrase

- Limpiar la cabeza del engrasador
- Eliminar todas las impurezas
- Verificar particularmente la cantidad introducida
- Introducir la grasa
- Verificar y limpiar el extremo de la bomba de grasa
- Eliminar la grasa usada cada 4 o 5 aportes
- Cuando los intervalos de relubricación sean cortos, prever un dispositivo para evacuación de la grasa usada

► Soportes y rodamientos sin dispositivo de engrase

- Limpiar cuidadosamente el soporte antes de la apertura
- Quitar la grasa usada con una espátula no metálica
- Introducir la grasa entre los cuerpos rodantes, por ambos lados
- Engrasar los deflectores y juntas

■ Dispositivos de engrase



Elección de la grasa

■ La elección de la grasa descansa en el conocimiento de las condiciones de funcionamiento que deben definirse de la forma más precisa posible: temperatura, velocidad, carga, ambiente, vibraciones, limitaciones específicas de la aplicación.

Hacer la elección de la grasa a emplear de acuerdo con su interlocutor SNR Rodamientos.

La tabla de la página siguiente permite una primera orientación.

■ Se distinguen dos tipos de funcionamiento

Condiciones normales de funcionamiento

SNR aconseja dos grasas para rodamientos:

- ▶ SNR LUB MS: para soportes de máquinas, máquinas agrícolas, motores eléctricos, materiales de manutención, bombas
- ▶ SNR LUB EP: para los rodamientos fuertemente cargados (siderurgia, obras públicas)

Condiciones particulares de funcionamiento

Las especificaciones de la aplicación serán estudiadas en estrecha colaboración con SNR Rodamientos en los casos de:

- Temperatura continua superior a $+100^{\circ}\text{C}$ o inferior a -30°C
- Velocidad superior a la velocidad límite del rodamiento
- Ambiente húmedo
- Centrifugado (anillo exterior giratorio) o vibraciones
- Par débil
- Presencia de hidrocarburos
- Radiaciones nucleares...

La viscosidad del aceite de base es muy importante para la eficacia de la lubricación. El diagrama de la página 78 permite verificar la eficacia de la lubricación para una dada aplicación.

La mayoría de las grasas de empleo general son miscibles entre sí. Sin embargo, para obtener el mejor resultado, evitar la mezcla (prohibida para ciertas grasas de empleo particular).

Para los rodamientos estancos y protegidos, SNR puede entregar el rodamiento prelubricado con una grasa adaptada a la aplicación (bajo pedido de cantidades mínimas).



Elección de una grasa en función de la aplicación

Funcionamiento predominante	Límites de utilización		Preconización general	Ejemplos de aplicaciones	Preconización SNR LUB
	Temp. °C	Velocidad			
Empleo corriente	-30 a + 120	< velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite mineral ▶ Jabón tradicional (litio, calcio...) ▶ Consistencia: generalmente grado 2, grado 3 para rodamientos de gran tamaño o con particularidades de funcionamiento ▶ Bajada de prestaciones a partir de 80° C en continuo; ciertas aplicaciones pueden requerir una elección mejor adaptada 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Máquinas agrícolas ▶ Mecánica general ▶ Material de mantenimiento ▶ Herramientas eléctricas 	LUB MS
Fuerte carga	-30 a +110	< 2/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Similar a las grasas de empleo corriente con aditivo para extrema presión 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Automóviles ▶ Siderurgia ▶ Material de obras públicas 	LUB EP
Alta temperatura	-30 a +130	< 2/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Jabón tradicional con aceite de base mineral de fuerte viscosidad o sintético 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Motores eléctricos de clase E ▶ Motores eléctricos de clase F ▶ Alternadores 	LUB HT
	-20 a +150				
	-20 a +220	≤ 1/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Grasas enteramente sintéticas ▶ Las grasas con aceite de base de silicona tienen un comportamiento reducido bajo carga 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Equipamientos de hornos ▶ Motores eléctricos clase H ▶ Acoplamientos 	LUB THT
	-20 a +250	< 1/5 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Productos de síntesis se presentan bajo forma sólida o pastosa ▶ Productos difícilmente miscibles 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Equipamientos de hornos ▶ Vagonetas de horno 	Consultar a SNR
Baja temperatura	hasta -50	≤ 2/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite de base de débil viscosidad . Atención a la retención de la grasa si la temperatura es superior a 80° C 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aviación ▶ Aparatos especiales 	LUB GV*
Gran velocidad	-20 a +120	≤ 4/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite de muy débil viscosidad 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cabezales de máquina herramienta ▶ Máquinas para madera ▶ Cabezales de textiles 	
Humedad	-30 a +120	≤ 2/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Grasa tradicional muy aditivada con anti-corrosivos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Lavadoras 	LUB MS LUB EP
Centrifugado Vibraciones Anillo exterior giratorio	-20 a +130	≤ 2/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Grasa consistente (grado 2) de fuerte adherencia 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alternadores ▶ Material de obras públicas ▶ Poleas locas 	LUB VX
Empleo en alimentación	-30 a + 120	≤ 2/3 velocidad límite del rodamiento	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compatible alimenticio 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Industria agroalimentaria 	LUB AL1
Carga elevada y velocidad moderada	-5 a + 140		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adaptada a un funcionamiento de velocidad muy baja y carga muy elevada 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Industria pesada: siderurgia, papeleerías y canteras 	LUB FV

NB : La elección de la grasa debe realizarse de acuerdo con SNR.



Características de la gama SNR LUB

Color	MS	EP	HT	GV*	VX	THT		AL1	FV
	Ambar	Ambar	Castaño claro	Blanco	Rubio	Blanco		Amarillento transparente	
Composición	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite mineral ▶ Jabón de litio 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite mineral ▶ Presión extrema ▶ Jabón de litio 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite sintético ▶ Jabón de bario 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite diester ▶ Jabón de litio 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite mineral parafínico ▶ Jabón de litio 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fluido perfluorado espesante ▶ Teflón 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite mineral parafínico ▶ Jabón complejo de aluminio 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aceite mineral ▶ Litio + calcio
Viscosidad del aceite de base	105	105	150	15	310	390		200	950
Consistencia Grado NLGI	2	2	2	2	2	2		2	2
Temperatura de utilización °C	-30 +120	-30 +110	-30 +150	-50 +120	-20 +130	-20 +220	-20 +250*	-30 +120	-5 +140
Cargas medias P < C / 5	B	MB	B	B	B	MB		B	B
Cargas elevadas P > C / 5	NR	MB	NR	NR	MB	MB	NR	B	MB
Velocidad débil N.Dm < 100000	B	B	NR	NR	MB	MB		B	MB
Velocidad elevada N.Dm > 100000	B	B	B	MB	NR	B	B	B	NR
Humedad, Presencia de agua	MB	MB	B	MB	B	B		B	B
Oscilaciones, amplitud débil	B	B	MB	B	MB	MB		B	B
Vibraciones en la parada	NR	NR	NR	MB	NR	NR		NR	NR
Adherencia	B	B	MB	B	MB	MB		B	MB
Par débil	B	B	B	MB	NR	NR		B	NR
Silencio	B	B	B	MB	NR	NR		NR	NR
Protección anti-corrosión	MB	MB	B	MB	B	B		B	B
Resistencia a agentes químicos	NR	NR	NR	NR	NR	MB		NR	NR
Aptitud al bombeo	MB	MB	MB	MB	MB	MB		MB	B
Notas			<ul style="list-style-type: none"> ▶ La duración de vida de la grasa depende de la temperatura de empleo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Prestar una especial atención: <ul style="list-style-type: none"> - a la cantidad - al mantenimiento - a la proximidad de partes activas - a la retención de la grasa 				<ul style="list-style-type: none"> ▶ Conforme a las recomendaciones US Food and Drug Administration Clase H1 	

N.Dm: Producto del número de revoluciones por minuto por el diámetro medio – **MB:** Muy buenas prestaciones – **B:** Buenas prestaciones – **NR:** No recomendado

* Con carga reducida, la grasa THT resiste hasta +250°C. Con carga más importantes, la resistencia está limitada a +220°C.

Lubricación por grasa

Cantidad

■ Engrase inicial

La cantidad de grasa necesaria para el buen funcionamiento del rodamiento debe ocupar un volumen aproximadamente del 20 al 30% del espacio libre interno del mismo.

Cantidad de grasa a introducir
en el rodamiento abierto

$$G = 0,005 D \cdot B$$

G : Cantidad de grasa en gramos o cm^3

D : Diámetro exterior del rodamiento en mm

B : Anchura del rodamiento en mm

La cantidad puede aumentarse un 20% para los soportes provistos de un orificio de evacuación de la grasa usada.

Un rodamiento girando a muy baja velocidad tolera un llenado completo, lo que favorece su protección en ambientes muy polucionados (rodillos de manutención...).

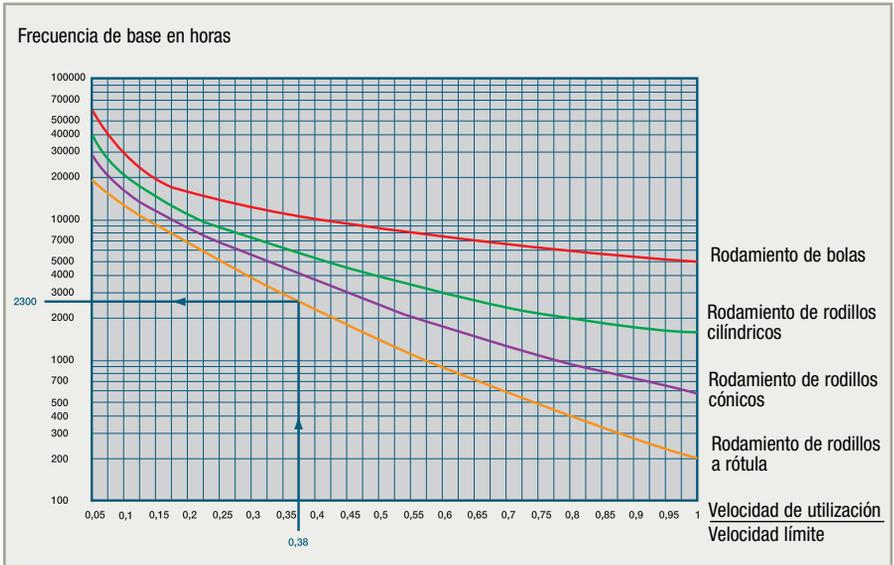
Es muy importante que esta cantidad se mantenga en el rodamiento; hay que verificar que las piezas adyacentes (juntas y deflectores) sean capaces de limitar la transferencia de grasa. Si existe un volumen adyacente libre, hay que rellenarlo de grasa al 50%.

Se verifica que la cantidad de grasa es conveniente cuando la temperatura del rodamiento se estabiliza en un nivel superior entre 10 y 30° al de la temperatura ambiente, tras un régimen transitorio inferior a una hora durante el cual la temperatura pasa por una punta más elevada.

■ Reengrase

Frecuencia de reengrase

La tabla siguiente permite determinar la frecuencia de base, en horas, en función del tipo de rodamiento y de la velocidad de rotación.



■ Corrección de la frecuencia de reengrase

La frecuencia de base (F_b) debe ser corregida por los coeficientes resultantes de la tabla siguiente, en función de las condiciones de funcionamiento particulares del mecanismo, según la relación:

$$F_c = F_b \cdot T_e \cdot T_a \cdot T_t$$

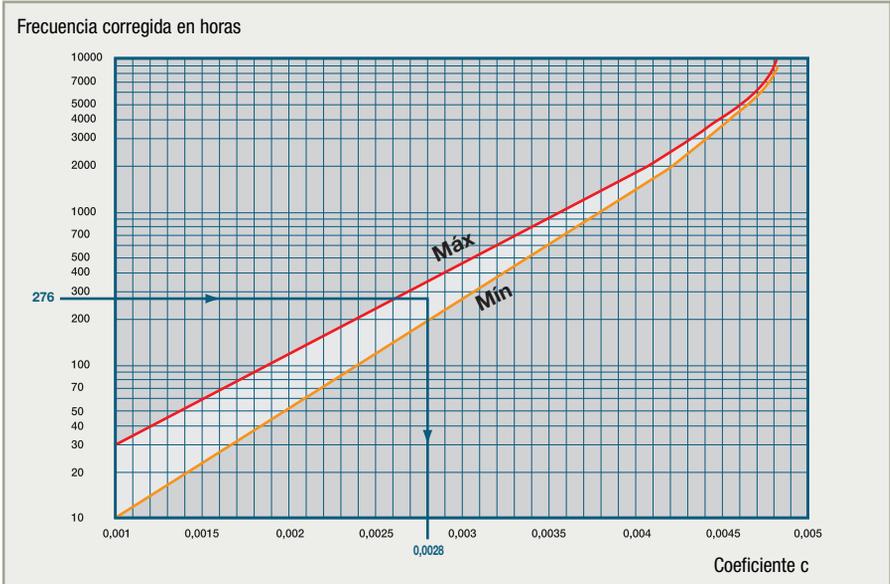
Coefficiente	Condiciones	Nivel	Valor del coeficiente	
T_e	Entorno - polvo - humedad - condensación	- medio	0,8	
		- fuerte	0,5	
		- muy fuerte	0,3	
T_a	Aplicación - con choques - con vibraciones - con eje vertical	- medio	0,8	
		- fuerte	0,5	
		- muy fuerte	0,3	
T_t	Temperaturas	75°C	0,8	con grasa estándar
		de 75° hasta 85°C	0,5	
		de 85° hasta 120°C	0,3	
		de 120° hasta 170°C		0,5 de alta temperatura
				0,3

Lubricación por grasa

■ Peso de la grasa

La tabla adyacente permite determinar el coeficiente **c** a aplicar, en función de la frecuencia corregida en horas, para obtener el peso de grasa a renovar por la relación

$$P = D \times B \times c$$



Ejemplo

Un rodamiento 22212 EA, engrasado con grasa estándar, girando a 1500 r.p.m. en entorno muy polvoriento, a 90° C sin otras limitaciones de aplicación:

22212 – Rodamiento de rodillos a rótula

Velocidad de utilización/Velocidad límite = 1500 r.p.m. / 3900 r.p.m. = 0,38

de donde frecuencia de base: $F_b = 2300$ h (consultar el gráfico de la página anterior)

Coefficientes

$T_e = 0,5$ → polvo
 $T_a = 0,8$ → normal
 $T_t = 0,3$ → 90°C

$c = 0,028$

Diámetro $D = 110$

Anchura $B = 28$

Peso de grasa:

$P = 110 \cdot 28 \cdot 0,0028 = 9$ gramos



Frecuencia corregida: $F_c = F_b \cdot T_e \cdot T_a \cdot T_t = 2300 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,3 = 276$ Horas

Lubricación por aceite

La lubricación por aceite se emplea generalmente cuando el rodamiento se integra en un mecanismo ya lubricado por aceite (reductor, caja de cambios) o bien cuando puede beneficiarse de un sistema de engrase centralizado donde el aceite se emplea también como refrigerante.

■ Tipo de aceite

Principales tipos de aceite para la lubricación de los rodamientos.

		Aceites minerales	Aceites sintéticos	
			éster	perfluoroalkiléther
Comentarios		Utilización estándar	Utilización especial generalmente a alta o baja temperatura	
Densidad		0,9	0,9	1,9
Viscosidad	Índice	80 - 100	130 - 180	60 - 130
	Variación con la temperatura	importante	débil	débil
Punto de congelación		-40 à -15°C	-70 à -30°C	-70 à -30°C
Punto de inflamación		< 240 °C	200 à 240 °C	no inflamable
Resistencia a la oxidación		media	buena	excelente
Estabilidad térmica		media	buena	excelente
Compatibilidad con los elastómeros		buena	a verificar	buena
Nivel de precios		1	3 - 10	500

■ Viscosidad

La elección de la viscosidad del aceite es muy importante para la eficacia de la lubricación. Puede hacerse con ayuda del diagrama de la página 78.

Se puede notar, en este diagrama, que la duración de vida crece a la par de la viscosidad del lubricante. Este incremento es, sin embargo, reducido, puesto que un lubricante más viscoso eleva la temperatura de funcionamiento del rodamiento.

■ Aditivos

Los aditivos más empleados son los de extrema presión, anti-desgaste y anti-corrosión. La elección del aditivo debe hacerse con mucho cuidado. Es necesario asegurarse por medio del fabricante del lubricante de la influencia del mismo sobre el comportamiento del rodamiento.

Extrema presión

- Protege las superficies metálicas contra la micro-soldadura
- Necesario cuando el rodamiento está fuertemente cargado

P > C / 5

Lubricación por grasa

Anti-desgaste

Reduce el desgaste de las superficies metálicas por formación de una capa superficial protectora

Anti-corrosión

Protege contra los ataques corrosivos sobre las superficies metálicas

■ Polución

El aceite de lubricación debe estar limpio.

■ Lubricantes especiales

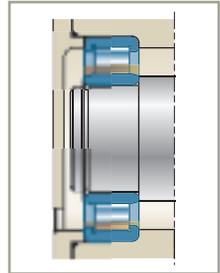
En ciertos montajes, el rodamiento puede ser lubricado por el líquido en circulación en el montaje (aceite hidráulico, gasóleo). En este caso, y para todos los problemas de lubricación expuestos aquí, consultar a SNR.

Sistemas de lubricación

■ Baño de aceite

Utilizado en mecanismos cerrados y estancos. Nivel de aceite al nivel de los cuerpos rodantes inferiores de los rodamientos más bajos.

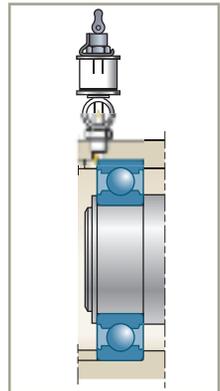
Velocidad moderada, siendo la disipación de calor limitada.



■ De aceite perdido

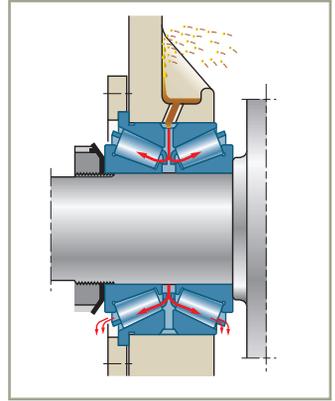
Eje girando a gran velocidad.

Evacuación necesaria del aceite usado.



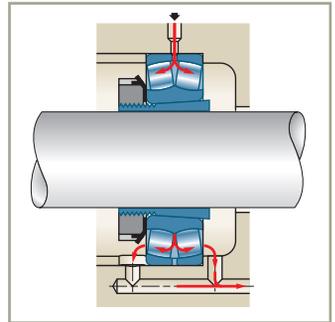
■ Chorreo y proyección

Proyección generalmente realizada por los engranajes.
Conductos pueden dirigir el aceite hacia el rodamiento.



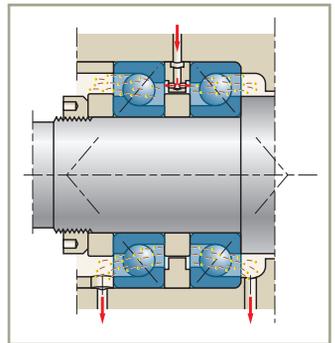
■ Circulación de aceite

Una bomba asegura un caudal constante, una reserva permite garantizar el arranque.
El aceite puede ser filtrado y enfriado en un intercambiador para obtener mejores prestaciones.
La circulación del aceite puede ser intermitente a veces.



■ Neblina de aceite

Es también un modo de lubricación por medio de aceite perdido de débil consumo. La neblina de aceite bajo presión alcanza todas las partes del rodamiento, impide la entrada de cuerpos extraños y asegura el enfriamiento.
Utilizado para los rodamientos de alta precisión que giran a gran velocidad.
Consultar el catálogo “SNR, rodamientos de alta precisión para cabezal de máquina-herramienta”.



Importante: La mayoría de los dispositivos de lubricación por aceite no permiten obtener una película suficiente en las primeras rotaciones del rodamiento. Por tanto, se recomienda vivamente aceitar los rodamientos nuevos tras el montaje.

Lubricación por grasa

Cantidad de aceite

El siguiente diagrama expone el orden de magnitud de un caudal mínimo de seguridad en condiciones normales de utilización de los rodamientos.

