

# *IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN EN MANTENIMIENTO*

# Temario

---

Lubricación industrial, transporte y maquinaria pesada

---

Correcta selección de aceites y grasas para las distintas aplicaciones

---

Mantenimiento Preventivo y Predictivo

---

Confiabilidad

---

Provincia	Algunas Industrias Características	
Misiones	<ul style="list-style-type: none"><li>- Industria forestal (celulosa, papel, aserraderos, placas, terciados)</li><li>- Agroindustria (yerba mate, té, tabaco)</li><li>- Energía con biomasa, biocombustibles</li><li>- Metalurgia</li></ul>	<div>- Metalurgia</div> <div>- Transporte</div>
Corrientes	<ul style="list-style-type: none"><li>- Agroindustria (cítricos, arroz, yerba mate)</li><li>- Forestal (madera, muebles)</li><li>- Textil (algodón)</li><li>- Energía con biomasa / Energía hidroeléctrica (represa Yacyretá)</li></ul>	
Entre Ríos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Agroalimentaria (avícola, lácteos, carnes)</li><li>- Agricultura (soja, maíz, trigo, arroz)</li><li>- Forestal</li><li>- Energía hidroeléctrica (represa Salto Grande)</li></ul>	
Chaco	<ul style="list-style-type: none"><li>- Algodonera y textil</li><li>- Agroindustria (soja, girasol, ganadería)</li><li>- Forestal</li><li>- Curtiembres y producción de cueros</li></ul>	
Formosa	<ul style="list-style-type: none"><li>- Agroindustria (algodón, maíz, ganadería)</li><li>- Forestal (quebracho, algarrobo, palo santo, carbón vegetal)</li><li>- Producción textil y cuero</li><li>- Energía con biomasa, biocombustibles (en desarrollo)</li></ul>	

# Tribología

Ciencia que estudia la FRICCIÓN, LUBRICACIÓN y el DESGASTE



Multidisciplinaria:

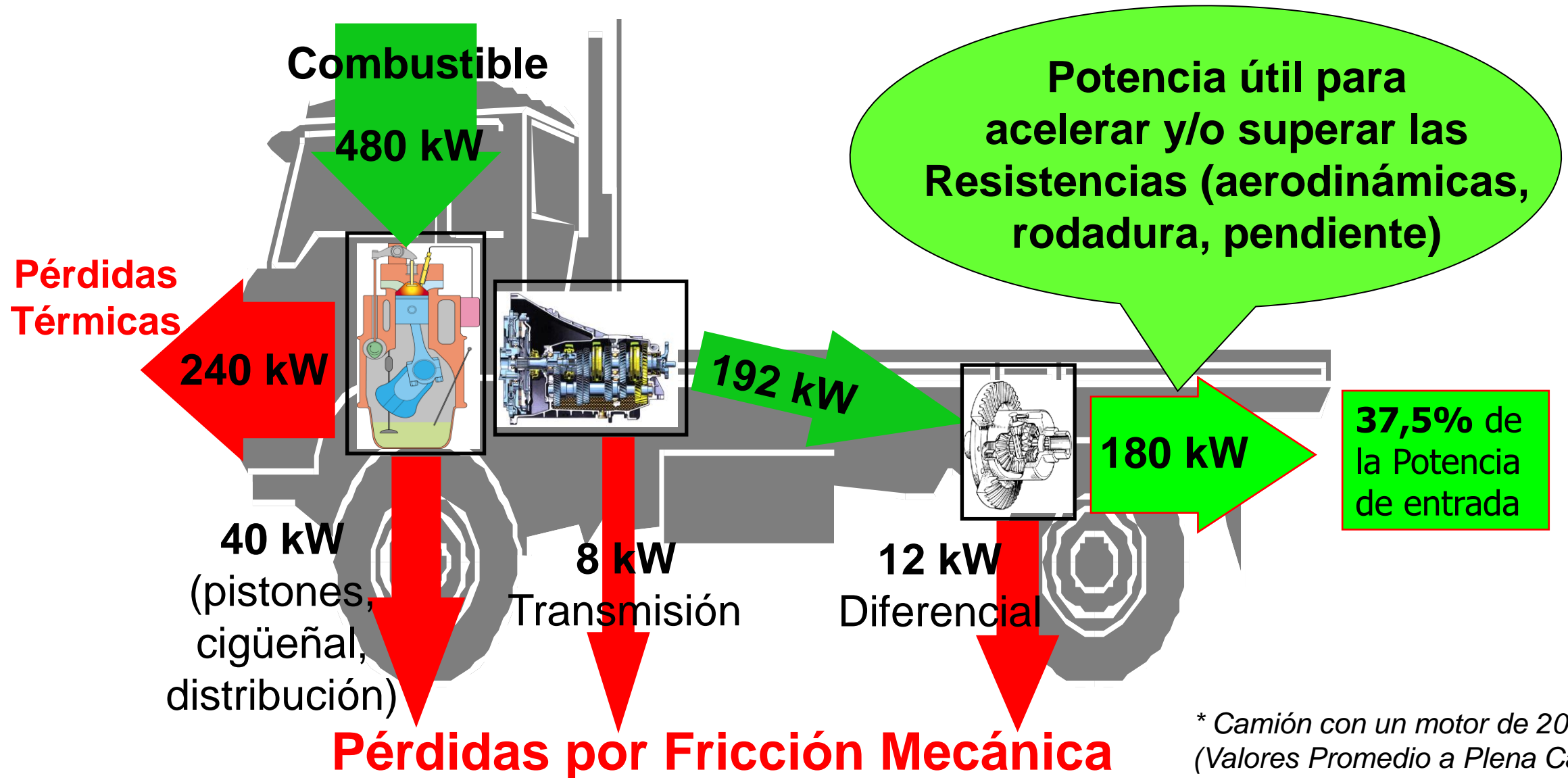
- **Ingeniería Mecánica**
- **Producción**
- **Ciencia e Ingeniería de Materiales**
- **Química e Ingeniería química**
- **Física**
- **Matemáticas**

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \sum T$$

**Esistema:** energía total del sistema

**T:** cantidad de energía transferida a través de la frontera del sistema

**Principio de Conservación de la Energía:** "la Energía no se crea ni se destruye, se transforma"



\* Camión con un motor de 200 Kw  
(Valores Promedio a Plena Carga).

# ¿Qué es la Fricción?

FUERZA que resiste el movimiento relativo de dos cuerpos en contacto

## Efectos:

Induce calor

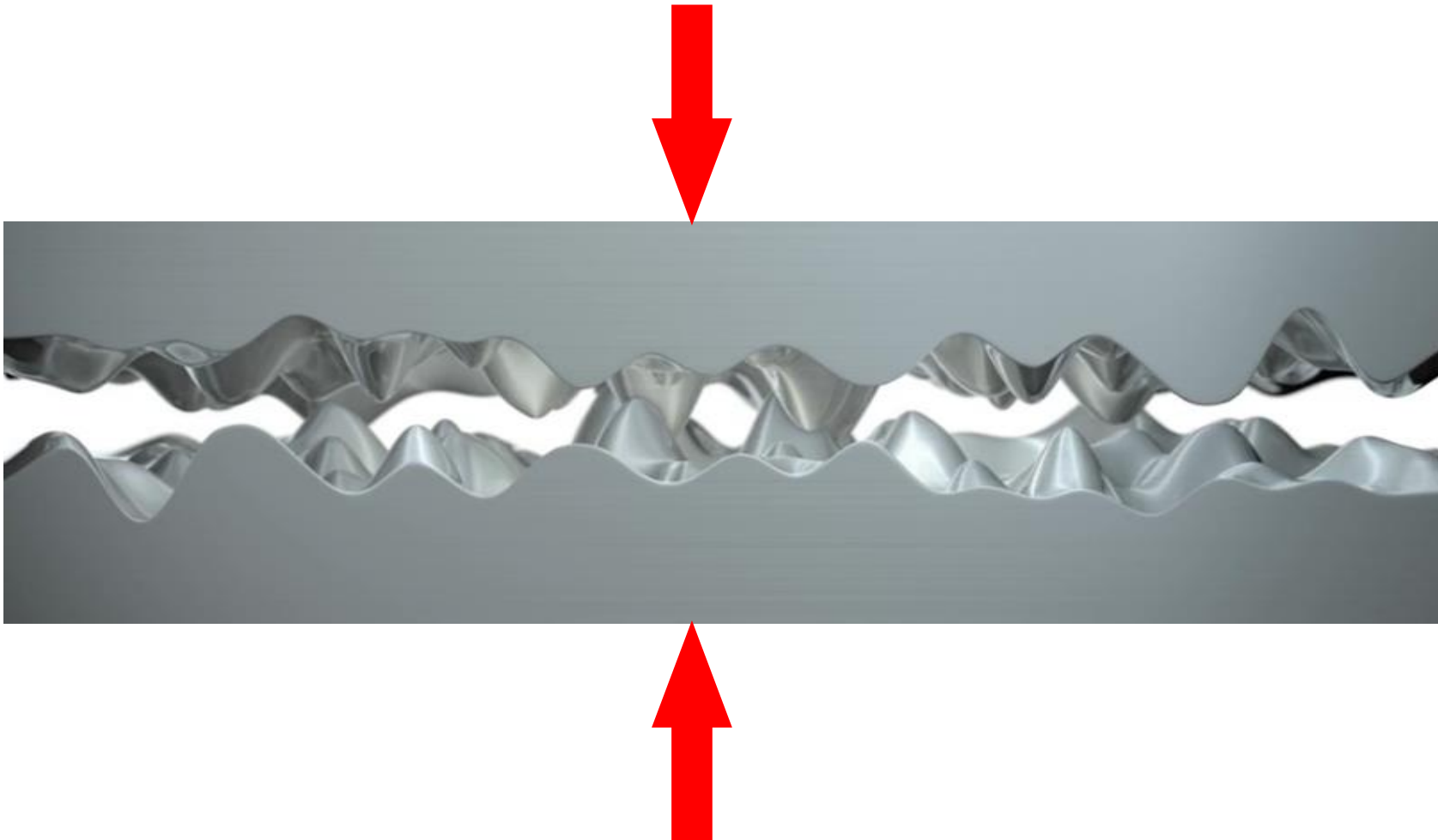
Genera desgaste

Absorbe energía y  
requiere mayor  
potencia para el  
arranque

Causa un  
movimiento  
errático

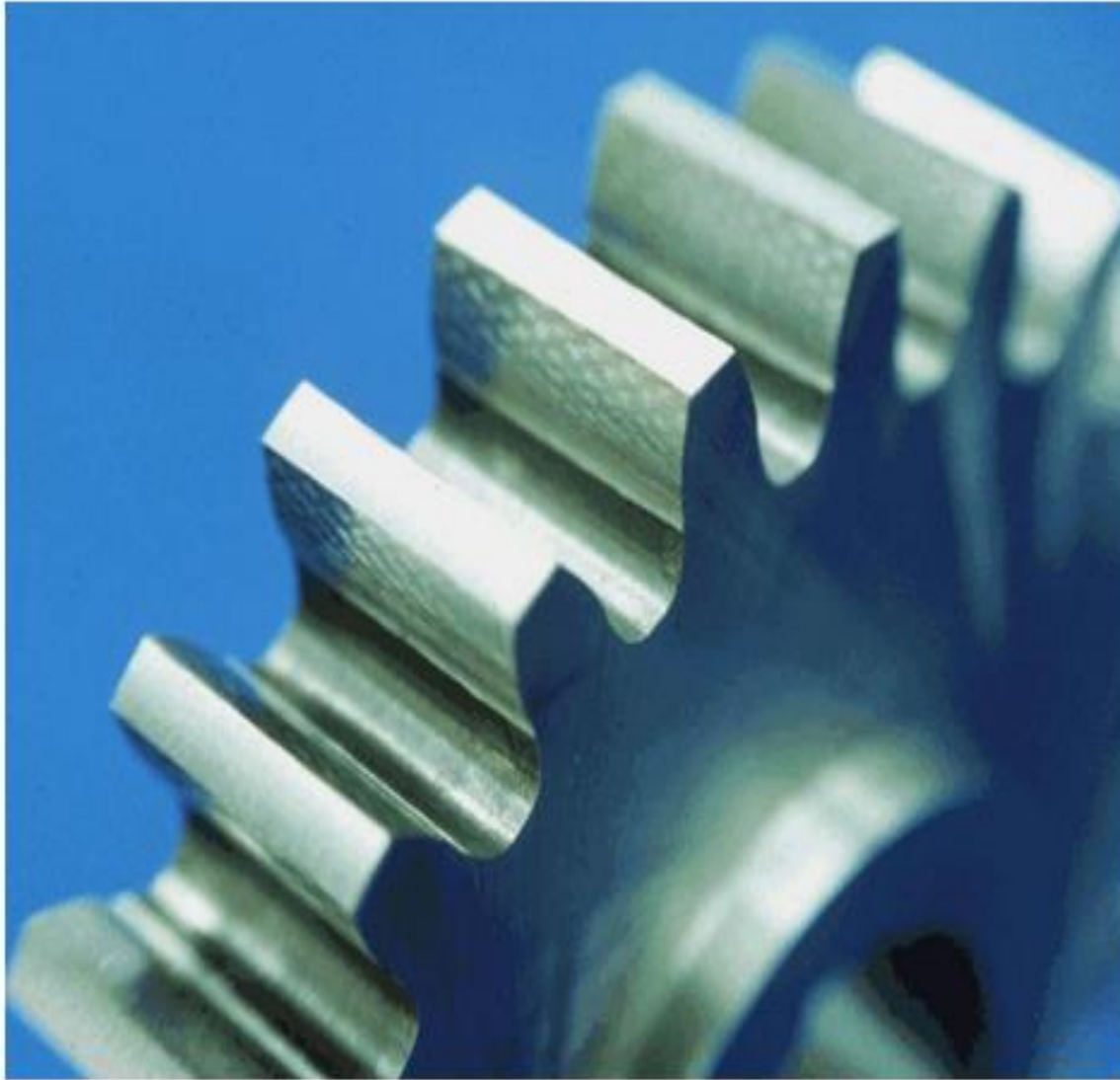
# ¿Qué causa la fricción?

**IRREGULARIDADES** y la **FUERZA APLICADA**



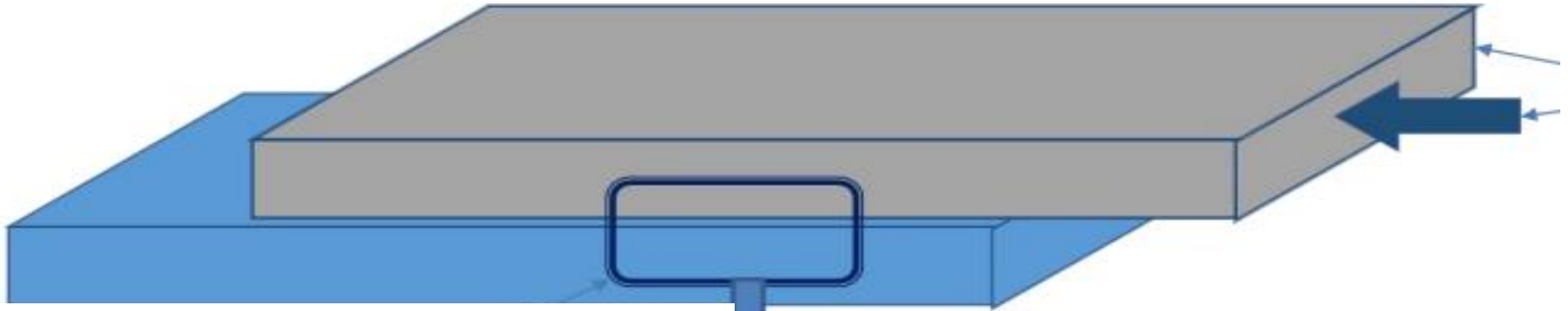


# IRREGULARIDADES





# La Fricción

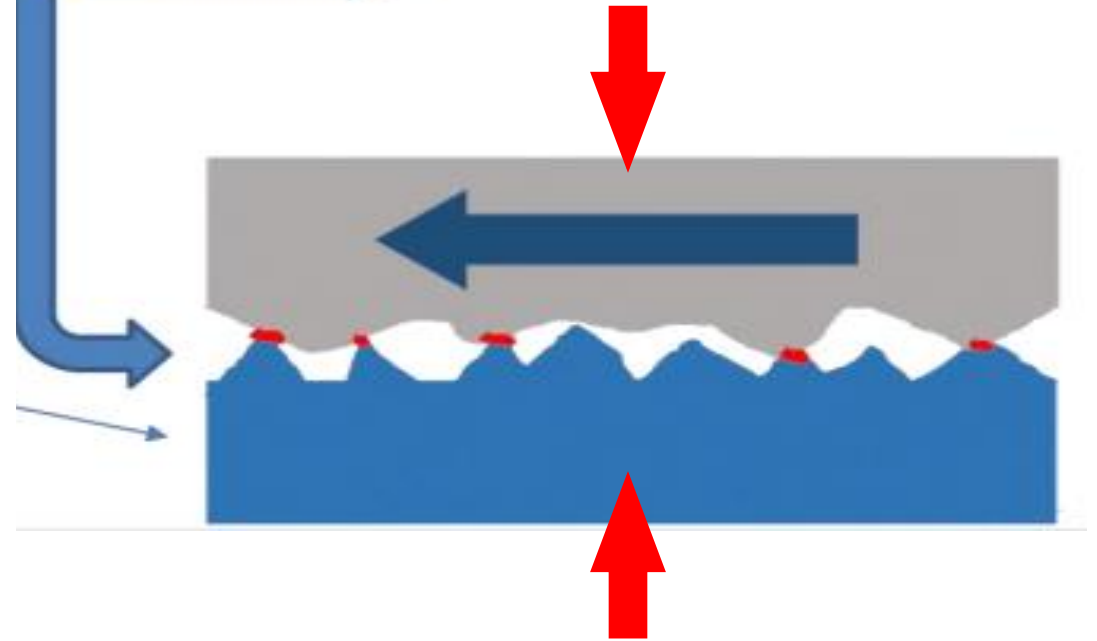


$$F_r = \mu F_n$$

Dónde:

$\mu$ : es el coeficiente de fricción que puede variar según el material de contacto

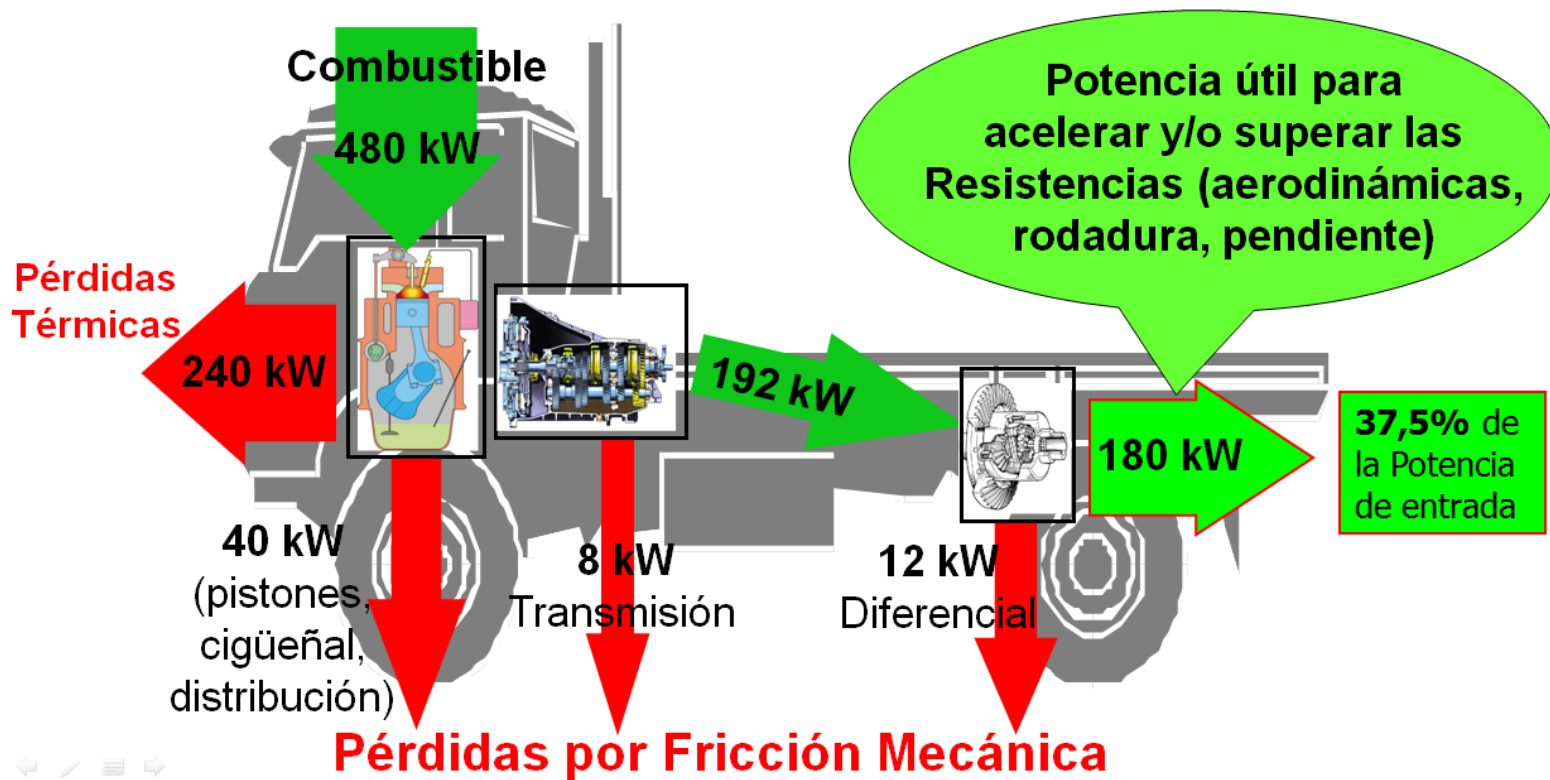
$F_n$ : es la fuerza normal



La Fuerza de Rozamiento es proporcional al Coeficiente de Rozamiento y a la Fuerza Normal

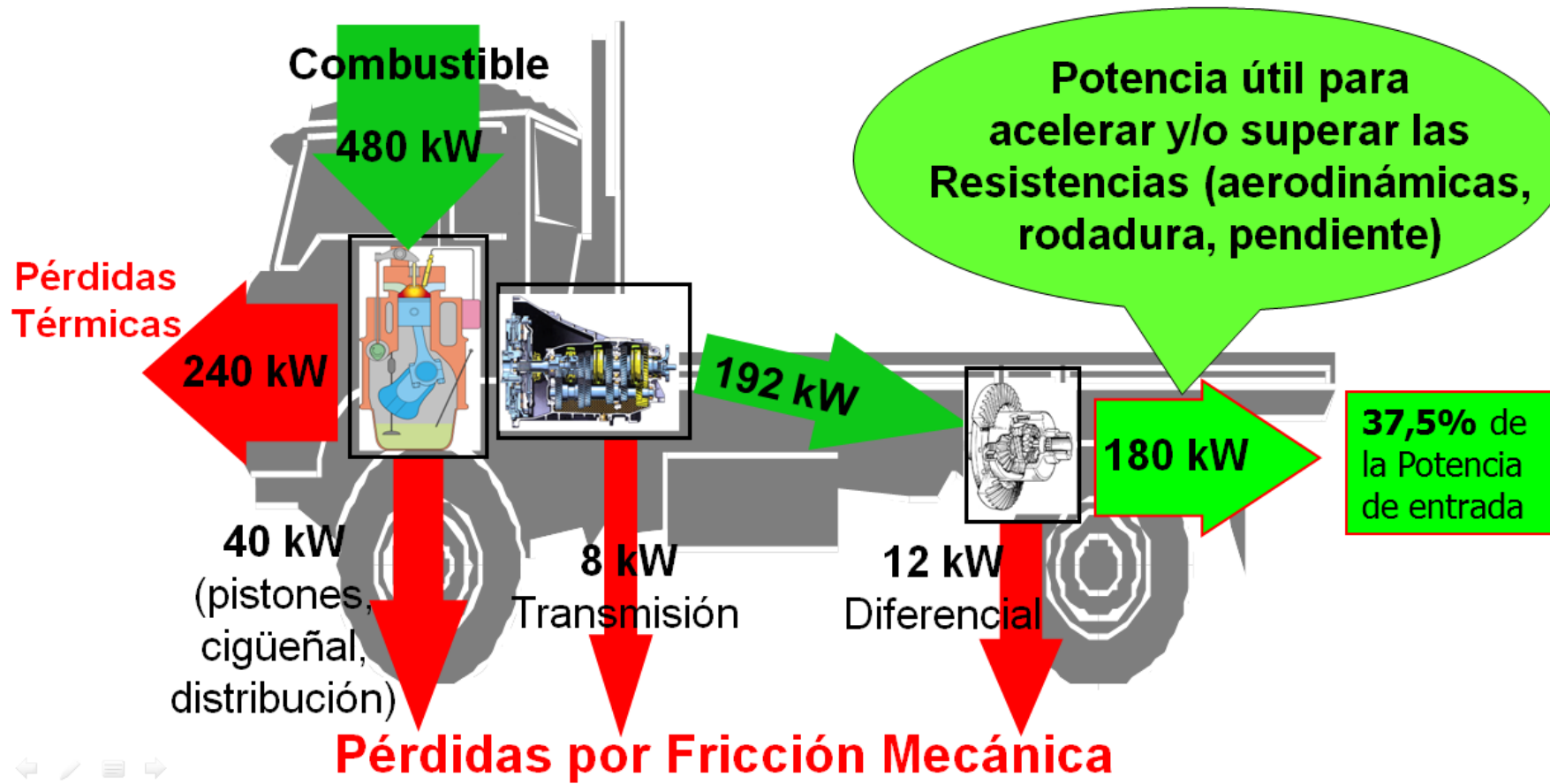
## Coeficientes de Rozamiento de algunas superficies en contacto

Magnitud	$\mu_e$ (estático)	$\mu_d$ (dinámico)
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	-	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Teflón sobre Teflón	0.04	0.04
Hielo sobre Hielo	0.1	0.03



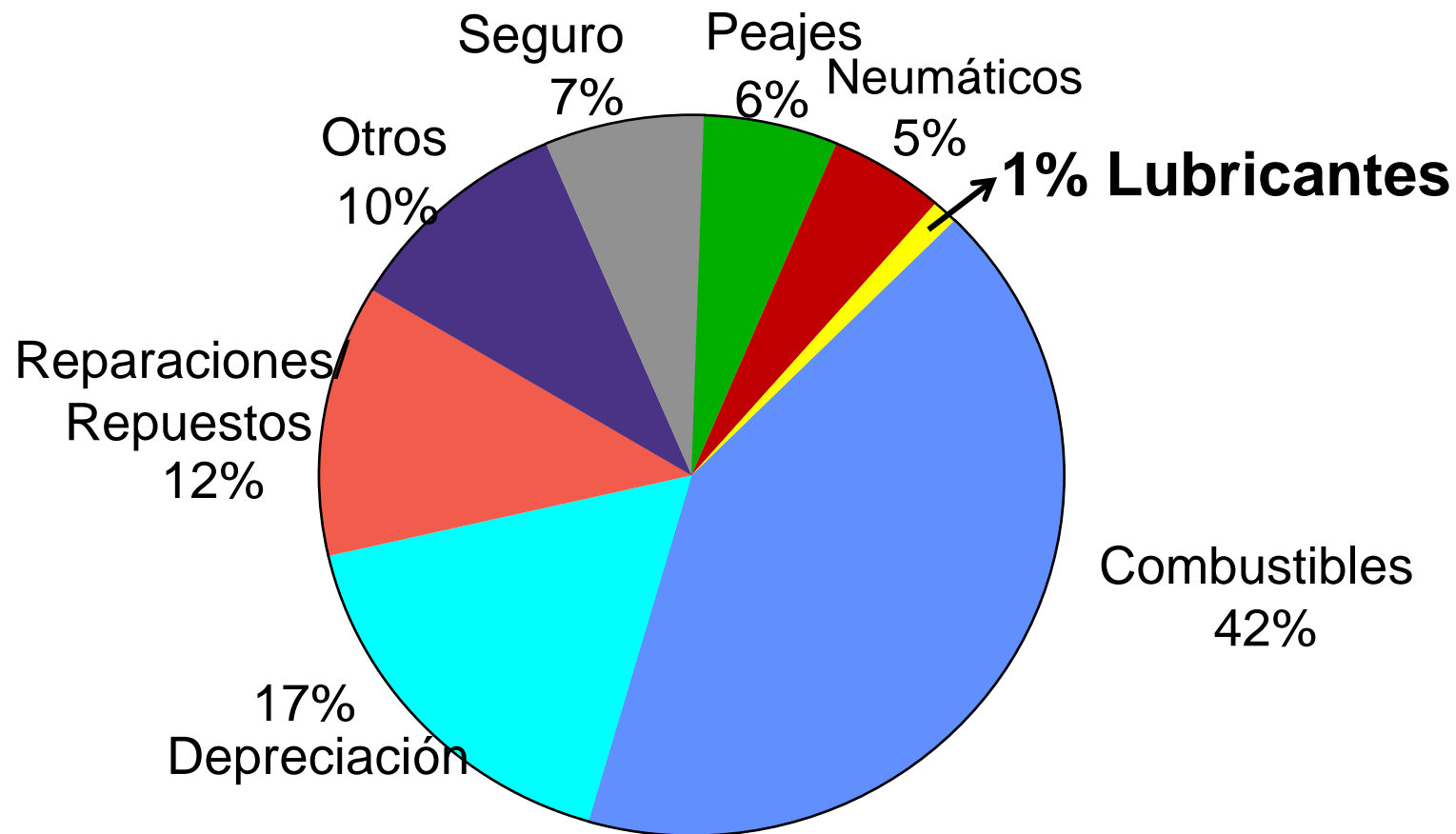
## ¿Cómo minimizar la fricción?

- a) mejorando las superficies (ej: rectificado, pulido)
- b) cambiando de material/es
- c) separando ambas superficies (ej: con un lubricante óptimo)



Mejores lubricantes reducen mejor la fricción

# COSTOS DE OPERACIÓN de una flota



**Lubricante: sólo el 1% del costo operativo de una flota**

pero impacta sobre el consumo de combustible, repuestos, reparaciones, y la vida útil de los equipos

**El lubricante afecta significativamente el costo total de operación**

## Principales causas de roturas:

- Mantenimiento preventivo malo
- No se usa el lubricante correcto
- Los consumibles se prolongan más allá de su vida útil



# ¿Qué es la Lubricación?

Proceso o técnica que **reduce la fricción** entre dos partes móviles, introduciendo un **compuesto de menor fricción** para **separar las dos superficies de contacto**

## Tipos de lubricantes

- **Sólidos**, como el disulfuro de molibdeno
- **Gaseosos**, como el aire comprimido
- **Líquidos**, como los aceites

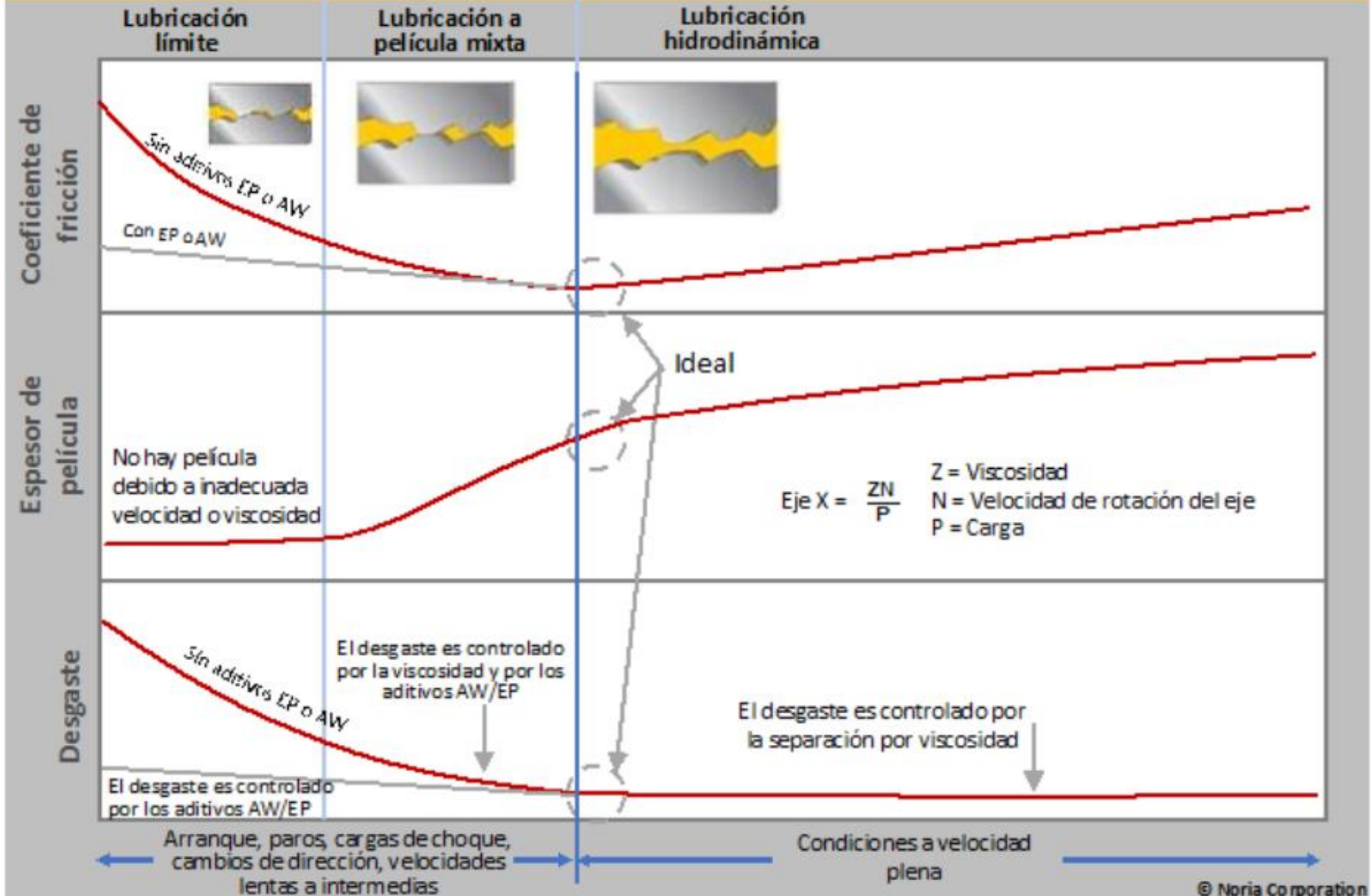


# CURVA DE STRIBECK

Concepto fundamental de la tribología que describe los tres regímenes de lubricación que ocurren en un contacto lubricado



# Curva de Stribeck



# FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES

## LUBRICA:

Reduce la fricción y el desgaste.  
Amortigua el impacto, reduce el ruido  
Facilita arranque en frío.

## REFRIGERA:

Transfiere calor.  
Mantiene el control de temperatura.

## LIMPIA:

Mantiene las partículas o material oxidado en suspensión.  
Controla la corrosión y herrumbre.

## SELLA:

Ej: mantiene los gases de combustión dentro de la cámara.

## PROPORCIONA POTENCIA:

En sistemas hidráulicos.  
En las transmisiones automáticas.



***PROLONGAR LA VIDA DE LOS EQUIPOS !!!***

# ¿Cuál es la propiedad más importante de un aceite?

**La viscosidad es la propiedad física que caracteriza la resistencia de un líquido a fluir**

- Si el líquido fluye rápidamente decimos tratarse de un fluido de baja viscosidad.  
Ejemplo: el queroseno
- Si, al revés, el flujo es lento se trata de un fluido de alta viscosidad. Ejemplo: la miel

**La viscosidad se cambia con la temperatura**

- Si calentamos un fluido, se le baja la viscosidad
- Si lo enfriamos, se le sube la viscosidad

**La viscosidad indica la capacidad de soportar cargas**

Cargas elevadas



Alta viscosidad

Cargas livianas



Baja viscosidad



# El aceite con viscosidad adecuada debe brindar la película adecuada

Si el **aceite aplicado es más viscoso** que lo adecuado, GENERA RESISTENCIA / FRICCIÓN

Viscosidad muy alta	aumento de temperatura del motor	pérdida de potencia	incremento de pérdidas por fricción	aumento de consumo de combustible	partidas en frío mas difíciles
Viscosidad muy baja	aumento del desgaste	mayor consumo de aceite	aumento del ruido del motor		

porque la película lubricante no tiene resistencia para separar las partes

porque se producen vibraciones (más holgura) y roces indeseados

Si el **aceite aplicado es menos viscoso** que lo adecuado



# La importancia de la viscosidad

## BAJA VISCOSIDAD

- ✓ Baja temperatura.
- ✓ Baja carga.
- ✓ Alta velocidad.

## ALTA VISCOSIDAD

- ✓ Alta temperatura.
- ✓ Alta carga.
- ✓ Baja velocidad.

## Viscosidad del aceite de engranajes

### Instrucciones

Ingrese los datos necesarios para para determinar la viscosidad correcta para la caja de engranajes en condiciones determinadas.

- Seleccione el tipo de lubricación
- Seleccione el tipo de reducción
- Seleccione la potencia (HP)
- Seleccione la velocidad de salida (RPM)

Al finalizar da clic en el botón de "Calcular"

### Calculadora de viscosidad del aceite de engranajes

Tipo de lubricación

Salpique

Tipo de reductor

Reducción simple <10:1

Potencia (HP)

5-10

Velocidad de salida(RPM)

150-300

Borrar

Calcular

Viscosidad correcta (ISO)

320

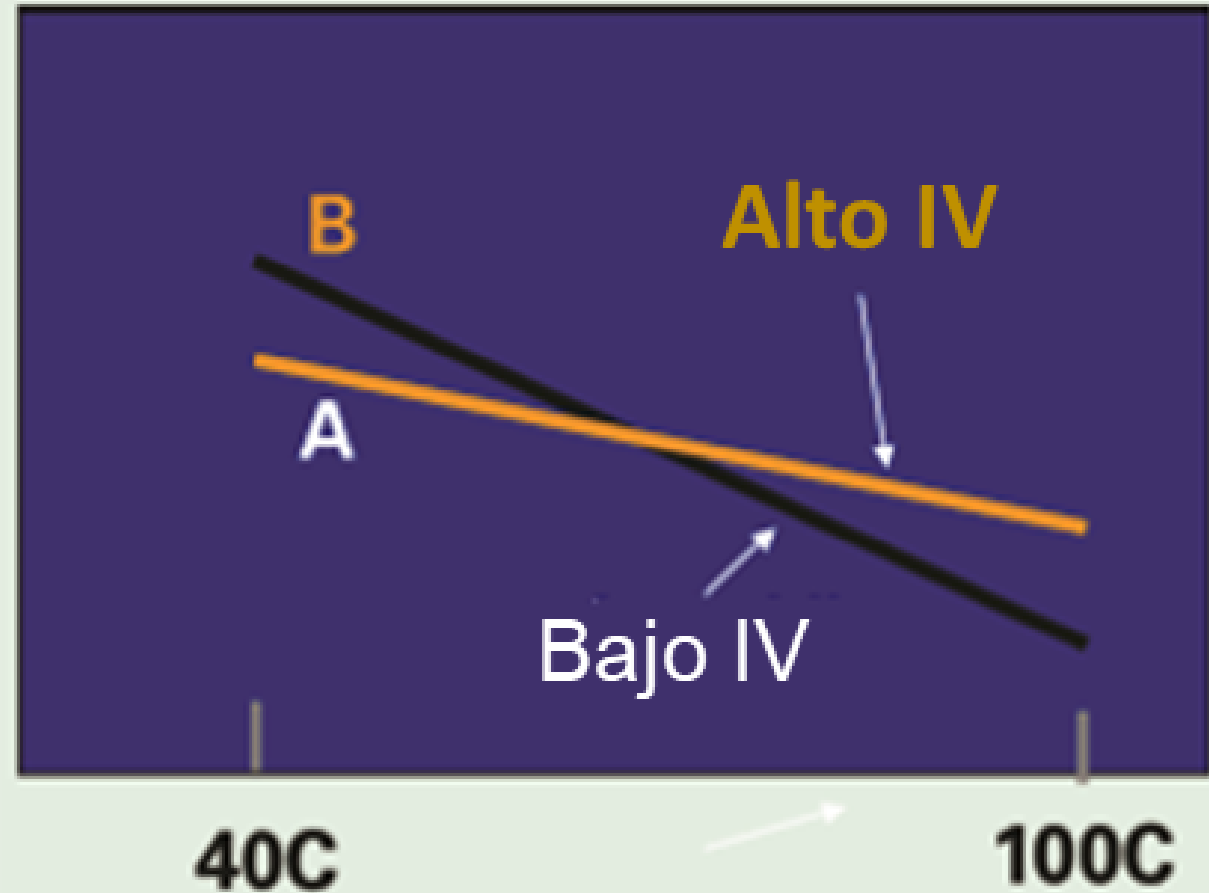
<https://www.noria.mx/calculadoras/>

# INDICE DE VISCOSIDAD

Medida del cambio de viscosidad en función de los cambios en las temperaturas de operación.

Se desea que sea lo más alto posible (la película lubricante será similar en todas las temperaturas)

Viscosidad



Índice de viscosidad de dos lubricantes, mostrando que el lubricante A tiene un cambio de viscosidad mucho más lento con la temperatura (mayor IV) que el lubricante B

### Calcular el índice de viscosidad (IV)

Viscosidad cSt (mm<sup>2</sup>/s) a 40°C/104°F

Viscosidad cSt (mm<sup>2</sup>/s) a 100°C/212°F

**Borrar**

**Calcular**

Índice de Viscosidad

<https://www.noria.mx/calculadoras/Vista/CalculadoraIV.html>



### Calcule la viscosidad a cSt @ 100°C

Índice de Viscosidad

Viscosidad cSt (mm<sup>2</sup>/s) a 40°C/104°F

cSt

Borrar

Calcular

Viscosidad cSt (mm<sup>2</sup>/s) a 100°C/212°F

<https://www.noria.mx/calculadoras/Vista/CalculadoraIV.html>



# Mobil Delvac™ Super 1400 15W-40

## Propiedades y especificaciones

Propiedad	
Grado	SAE 15W-40
Cenizas, sulfatadas, % masa, ASTM D874	1,1
Densidad a 15.6 C, kg/l, ASTM D4052	0,88
Punto de inflamación, °C, ASTM D92	233
Viscosidad cinemática @ 100 C, mm2/s, ASTM D445	14,5
Viscosidad cinemática @ 40 C, mm2/s, ASTM D445	108
Punto de fluidez, °C, ASTM D97	-27
Número de base total, mgKOH/g, ASTM D2896	10,3
Índice de viscosidad, ASTM D2270	137

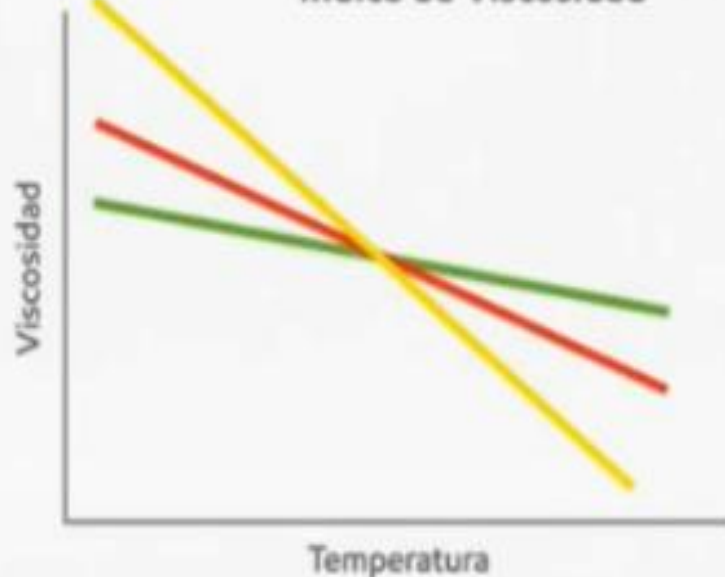


# INDICE DE VISCOSIDAD

Aceites con un alto IV (más de 100) experimentan pocos cambios en la viscosidad con los cambios de temperatura.

En el gráfico, el gradiente de cada línea es diferente para el mismo rango de temperaturas, dependiendo de la viscosidad: el IV mas bajo tiene el gradiente mas grande, mientras el IV más alto tiene el menor gradiente.

Índice de Viscosidad



IV Muy alto (135), típico de aceites sintéticos

Ej: sintéticos y minerales multigrados

IV Alto (95), típico de aceites minerales parafínicos

Ej: monogrados SAE 30 ó 40 que utilizaban los autos viejos. Alta Viscosidad a temp. amb. y la pierden rápido al calentarse.

IV Bajo (65), típico de aceites nafténicos para compresores de refrigeración

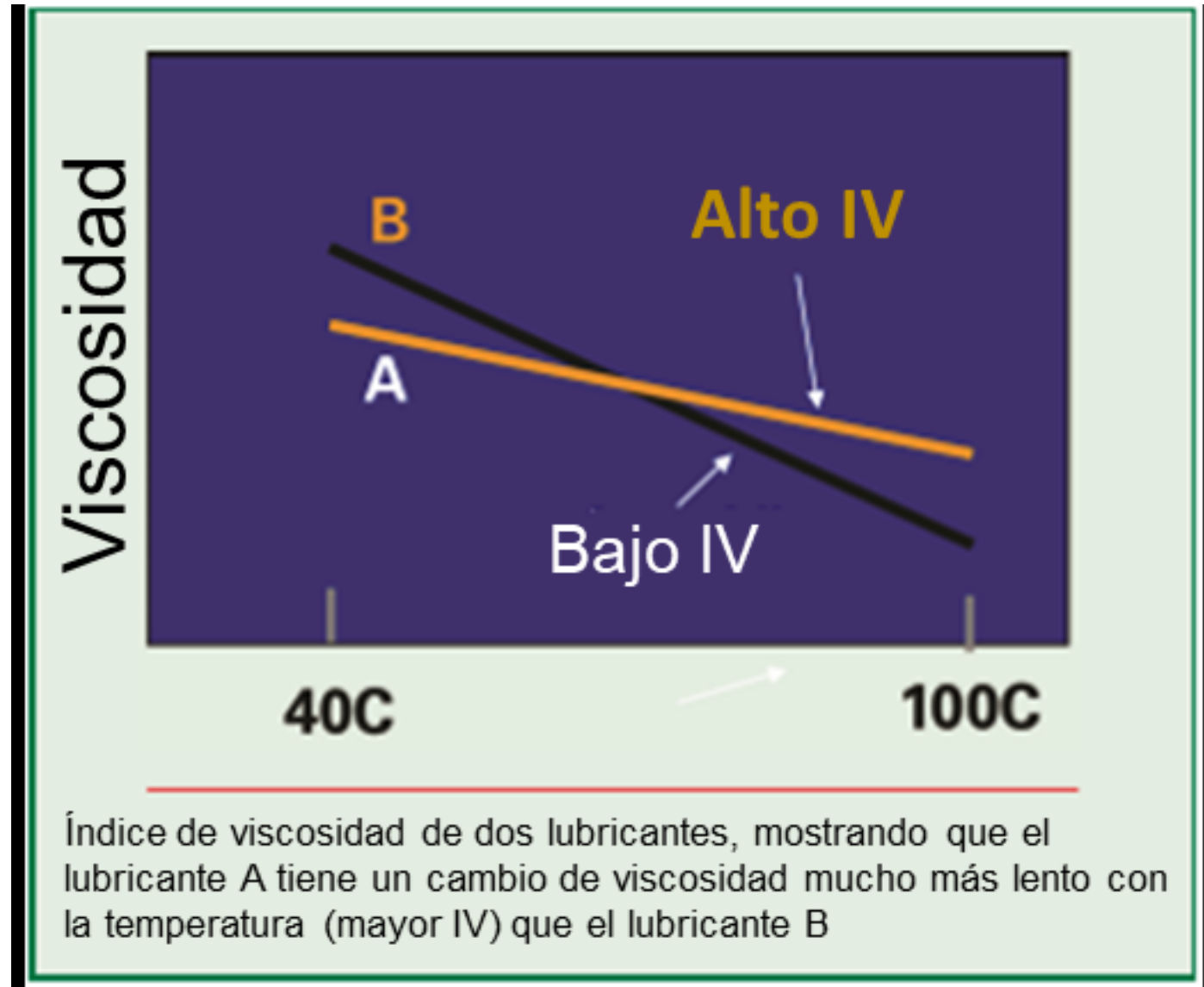
Inaceptables para motor a combustión

Nota: los números sin unidad son obtenidos a partir de viscosidades cinemáticas medidas a 40 °C y a 100 °C

# INDICE DE VISCOSIDAD

Alto IV = beneficio de rendimiento

Resultado de aceites base y aditivos de 1ª calidad



Propiedades y especificaciones

Propiedad	
Grado	SAE 15W-40
Cenizas, sulfatadas, % masa, ASTM D874	1,1
Densidad a 15.6 C, kg/l, ASTM D4052	0,88
Punto de inflamación, °C, ASTM D92	233
Viscosidad cinemática @ 100 C, mm2/s, ASTM D445	14,5
Viscosidad cinemática @ 40 C, mm2/s, ASTM D445	108
Punto de fluidez, °C, ASTM D97	-27
Número de base total, mgKOH/g, ASTM D2896	10,3
Índice de viscosidad, ASTM D2270	137



			XV 100
Grado SAE	----	----	15W-40
Viscosidad a 100 °C	cSt	D445	15
Índice de viscosidad	----	D2270	133
Punto inflamación, mín.	°C	D92	228
Punto escurrimiento, máx.	°C	D97	-36
TBN (Número Básico Total)	mg KOH/g	D2896	10
CCS (Viscosidad dinámica en el arranque en frío)	cP	D5293	6000 a -20 °C
HTHS a 150°C (Viscosidad dinámica a alto esfuerzo y alta temperatura)	cP	D5481	4,15
Noack a 250°C (Volatilidad)	%p	D5800	10,5





# Mobil Delvac XHP Extra Sintético 10W-40

## Propiedades y especificaciones

Propiedad	
Grado	SAE 10W-40
Índice de viscosidad, ASTM D2270	151
Cenizas, sulfatadas, % masa, ASTM D874	1,9
Número de base total, mgKOH/g, ASTM D2896	15,9
Densidad a 15 C, g/ml, ASTM D4052	0,87
Viscosidad cinemática a 100 C, mm2/s, ASTM D445	13,2
Punto de fluidez, °C, ASTM D97	-42



# SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

ejemplos:.....

**SAE 40** (monogrado)

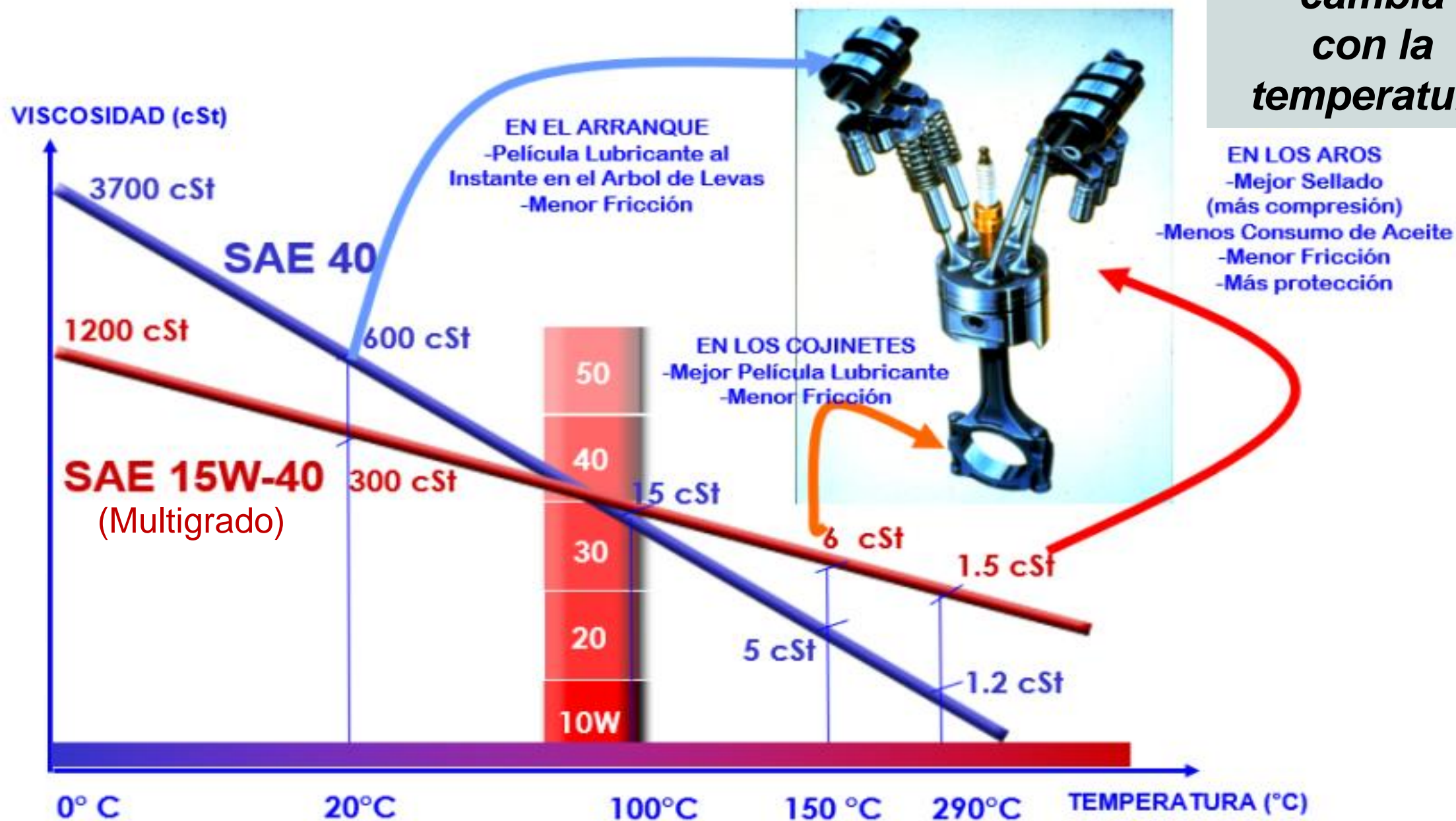
**SAE 15W-40** (multigrado)

*\*SAE J300 es la norma específica para motores*

Es una clasificación que **toma como referencia el grado de viscosidad del lubricante en función a la temperatura del motor.**

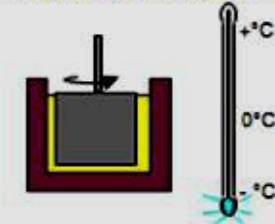
***Clasifica a los aceites por su viscosidad y no por su calidad***

**La viscosidad cambia con la temperatura**



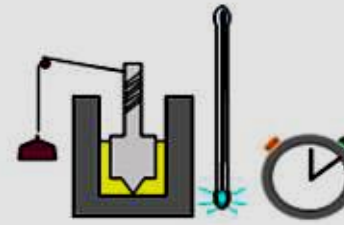


COLD CRANKING SIMULATOR  
SIMULADOR DE ARRANQUE EN FRIO



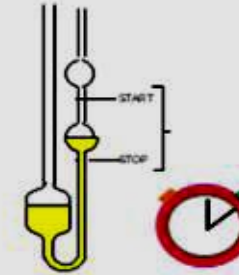
BAJA TEMP. Y ALTO CORTE

MINI VISCOSIMETRO ROTATORIO



BAJA TEMP. BAJO CORTE

VISCOSIDAD CINEMATICA



ALTA TEMP. BAJO CORTE

VISCOSIDAD HTHS



ALTA TEMP. ALTO CORTE

GRADO SAE	VISCOSIDAD BAJA TEMP. CCS (cP)	BOMBEABILIDAD A BAJA TEMP. MRV (cP)	KV 100°C (cSt)	VISCOSIDAD A ALTA TEMP. Y ALTO ESFUERZO de CORTE a 150°C, 10 <sup>6</sup> s <sup>-1</sup> (cP)
0W	6200 cP max. at - 35°C	60,000 cP max at - 40°C	3.8 min	
5W	6600 cP max. at - 30°C	60,000 cP max at - 35°C	3.8 min	
10W	7000 cP max. at - 25°C	60,000 cP max at - 30°C	4.1min	
15W	7000 cP max. at - 20°C	60,000 cP max at - 25°C	5.6 min	
20W	9500 cP max. at - 15°C	60,000 cP max at - 20°C	5.6 min	
25W	13000 cP max. at - 10°C	60,000 cP max at - 15°C	9.3 min	
8			4 a <6,1	1,7 min
12			5 a <7,1	2,0 min
16			6,1 a <8,2	2,3 min
20			6,9 a <9.3	2,6 min
30			9,3 a <12.5	2,9 min
40	(0W-40, 5W-40 and 10W-40 GRADES)		12,5 a <16.3	3,5 min
40	(15W-40, 20W-40, 25W-40 AND 40 GRADES)		12,5 a <16.3	3,7 min
50			16,3 a <21.9	3,7 min
60			21,9 a <26.1	3,7 min

Las clasificaciones se basan en rangos de viscosidad, a temperaturas estandarizadas

# Multigrados

*Un **SAE 15W-40***

*se comporta cómo un **15W en bajas temperaturas***

*y cómo un **SAE 40 en altas temperaturas***

## Los diversos Multigrados:

***0W-40***

***5W-40***

***10W-40***

***15W-40***

***20W-40***

***25W-40***

***5W-30***

***.***

***.***

***.***

***ETC.***

***Dependen del tipo de ACEITE BASE y los ADITIVOS que tengan***



# SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

**También clasifica Lubricantes de Transmisiones / engranajes automotrices**  
ejemplos:

**SAE 80W**

**SAE 80W-90**

**SAE 85W-140**

*\*SAE J306 es la norma específica para engranajes automotrices*

Es una clasificación que **toma como referencia el grado de viscosidad del lubricante en función a la temperatura.**

***Clasifica a los aceites por su viscosidad y no por su calidad***

# Clasificación de Viscosidad para Aceites de Engranajes Automotrices SAE J306 201902

GRADO SAE	TEMPERATURA MÁXIMA PARA VISCOSIDAD BROOKFIELD 150000 CP, ASTM D2983, °C	VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 100 °C	
		MÍN (*)	MÁX
70W	-55	3,8	-
75W	-40	3,8	-
80W	-26	8,5	-
85W	-12	11	-
65	-	3,8	<5,0
70	-	5	<6,5
75	-	6,5	<8,5
80	-	8,5	<11,0
85	-	11	<13,5
90	-	13,5	<18,5
110	-	18,5	<24,0
140	-	24	< 32,5
190	-	32,5	<41,0
250	-	41	-

# ISO: International Standard Organization

ejemplos:

ISO 46

ISO 68

ISO 220

ISO 460

*La referencia es el agua (ISO 1)*

Normalmente se utilizan en **aplicaciones industriales**, en **reductores** y **sistemas hidráulicos**.

A veces aparecen por ejemplo como **ISO VG** ... (VG = Viscosity Grade)

VG indica la viscosidad en centistokes (cSt) del aceite a 40 °C.

# Clasificación de Viscosidad para Aceites Industriales ISO Std. 3448

*Los grados de Viscosidad ISO  
Son medidos siempre a 40°C*

GRADO DE VISCOSIDAD ISO (ISO VG)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40 °C (MM²/S*)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PUNTO MEDIO
2	1,98	2,42	2,2
3	2,88	3,52	3,2
5	4,14	5,06	4,6
7	6,12	7,48	6,8
10	9	11	10
15	13,5	16,5	15
22	19,8	24,2	22
32	28,8	35,2	32
46	41,4	50,6	46
68	61,2	74,8	68
100	90	110	100
150	135	165	150
220	198	242	220
320	288	352	320
460	414	506	460
680	612	748	680
1000	900	1100	1000
1500	1350	1650	1500

# TIPOS de ACEITES HIDRÁULICOS

## HIDRÁULICO R&O:

- Los únicos aditivos son antioxidantes e inhibidores de la corrosión (la mayoría inhibidores de herrumbre). No hay aditivos antidesgaste o EP presentes. Dicho lubricante es apropiado para compresores de aire. Formulados con bases parafínicas de alta calidad.
- Son **antiespumantes** y **separadores de aire**.
- **No contienen aditivos a base de zinc**, siendo aptos para la lubricación de bombas de pistones axiales que contienen cojinetes de **plata**, dado que el componente **zinc además de generación de lodos ataca químicamente** componentes metálicos fabricados con **plata**.

## APLICACIONES:

- Turbinas a vapor y turbo-sopladores, turbinas a gas.
- Turbinas hidráulicas.
- Bombas centrífugas y de vacío.
- Compresores de aire.
- Sistemas hidráulicos, lubricación general de maquinaria industrial.
- Sistemas de transferencia térmica.

# TIPOS de ACEITES HIDRÁULICOS

## HIDRÁULICO AW (antidesgaste):

- Excelente protección contra el desgaste, otorgando mayor vida útil a los componentes internos de las bombas.
- Alta protección del óxido y la corrosión. Disminuye la formación de depósitos, lodos y barnices que generan problemas en bombas. Desmulsifican o separan claramente el agua del aceite.
- Excelente filtrabilidad (previene la obstrucción de los filtros incluso con la presencia de agua).
- Contrarresta la espuma y el aire, evitando problemas de pérdidas de presión y por consiguiente disminución en la productividad.
- Deben ser hidrolíticamente estables, de lo contrario pueden volverse agresivos al metal amarillo y causar una falla prematura en las bombas de pistón. El exceso de agua que no se extrae de un sistema hidráulico también acelerará el desgaste de las bombas de paleta y de pistón.

## APLICACIONES:

- Bombas de engranajes, de paletas, radiales y axiales de pistón. número uno recomendado por los fabricantes de bombas
- Tractores, equipos de construcción y minería, montacargas.
- En situaciones donde la contaminación del aceite hidráulico o las fugas son inevitables
- Donde pequeñas cantidades de agua son inevitables



# TIPOS de ACEITES HIDRÁULICOS

## HIDRÁULICO HVI (High Viscosity Index):

- Excelente control de la viscosidad en aplicaciones donde la temperatura ambiente y de trabajo puede variar ampliamente, de muy fría a cálida. Mantiene a los sistemas hidráulicos operando de la manera más eficiente en un amplio rango de temperaturas.
- Ahorra combustible y evita pérdidas de energía por baja presión.
- Excelente protección contra el desgaste, el óxido y la corrosión, disminuyendo la formación de depósitos, lodos y barnices generando problemas en bombas.
- Contrarresta la espuma y el aire, evitando problemas de pérdidas de presión y por consiguiente disminución en la productividad.
- Ayuda a cuidar las piezas internas de la cavitación, sobrecalentamiento, abrasión.

## APLICACIONES:

- Sistemas hidráulicos estacionarios y móviles que funcionan en una amplia gama de temperaturas y condiciones ambientales extremas, bajo techo y al aire libre.
- Excavadoras, grúas y otras unidades sometidas a condiciones de operación severas.
- Sistemas donde un arranque sumamente confiable en climas fríos es un requisito crítico.
- Operaciones donde se requiere la consolidación y simplificación de los lubricantes. (Minimización de inventarios).

# TIPOS de ACEITES HIDRÁULICOS

## Aceites de motor

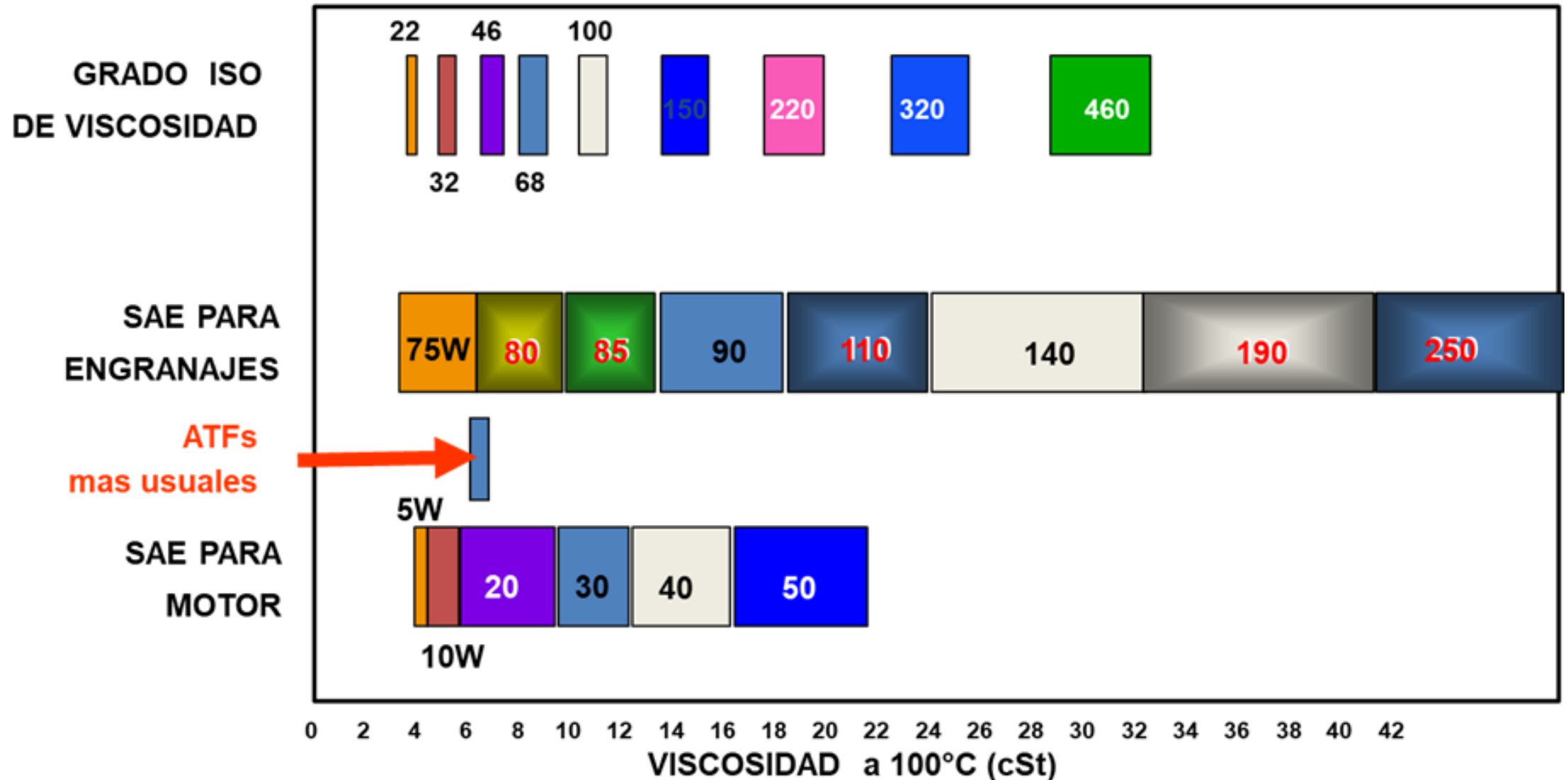
Los aceites de motor emulsionan o combinan con agua que ha contaminado el sistema y **pueden proporcionar cierta protección contra la oxidación** en sistemas húmedos sin drenar.

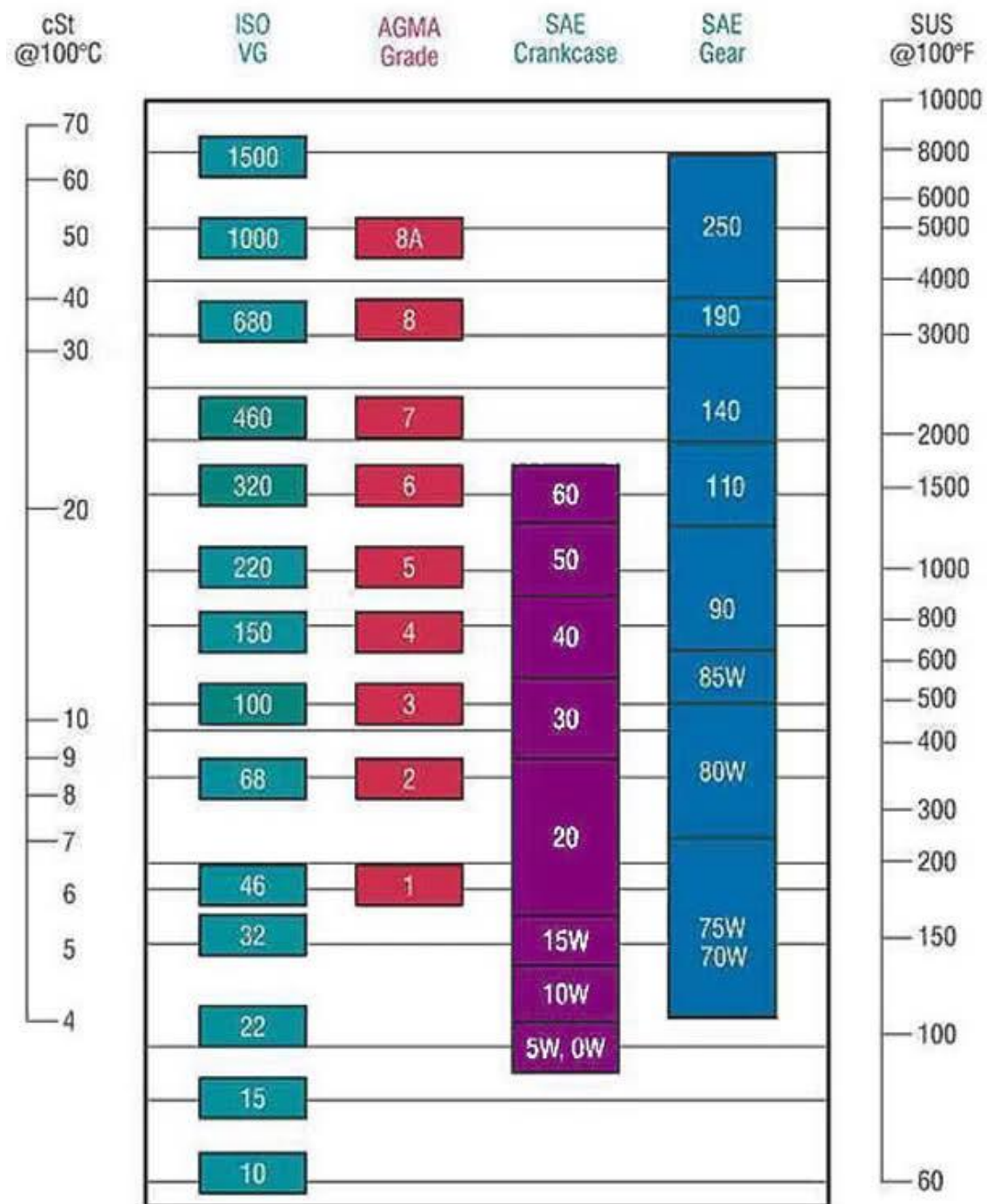
Pero, **los aditivos antidesgaste en el aceite de motor generalmente NO son hidrolíticamente estables cuando se exponen al agua**. Esto puede causar **pérdida de aditivos** en el aceite de motor húmedo que puede resultar en un **aumento de viscosidad, problemas de bombeo y poca protección contra el desgaste**.

El aceite para motor está diseñado para usarse en compartimientos de motor donde se hierven pequeñas cantidades de agua cada día. La temperatura de operación de un sistema hidráulico no suele ser lo suficientemente alta como para hervir el agua y los compuestos de zinc en los aditivos antidesgaste pueden causar un desgaste corrosivo.

# Comparativa de clasificaciones de viscosidad

Este cuadro muestra la relacion entre algunos grados de Viscosidad ISO, grados SAE de aceites para engranajes y SAE para motor, y la Visc. a 100°C, en cSt (esto es válido, en rigor, para IV= 95)







La cantidad y tipo de aditivos depende de las características de la base y de la aplicación que tendrá el lubricante

# BASES

Son los **COMPONENTES PRINCIPALES**

**El resto está compuesto por**  
**ADITIVOS**

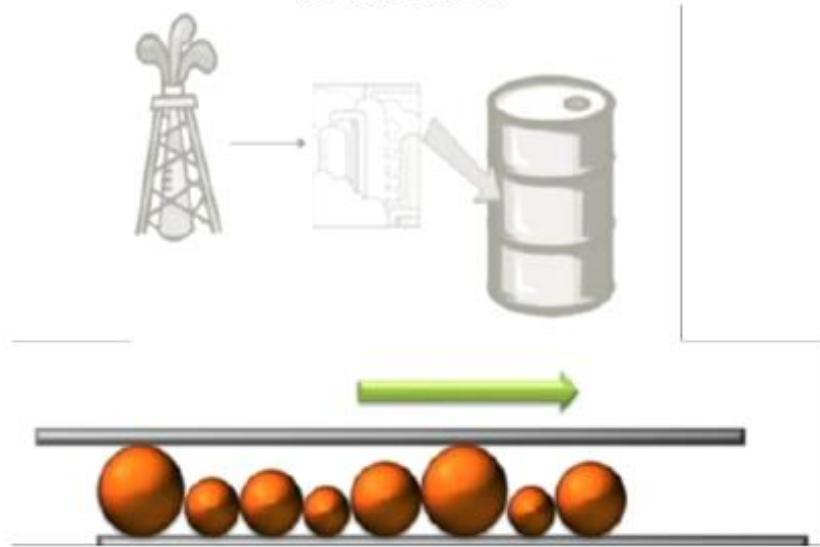
(menos del 30% del lubricante)



# Aceites minerales vs sintéticos

## Base mineral

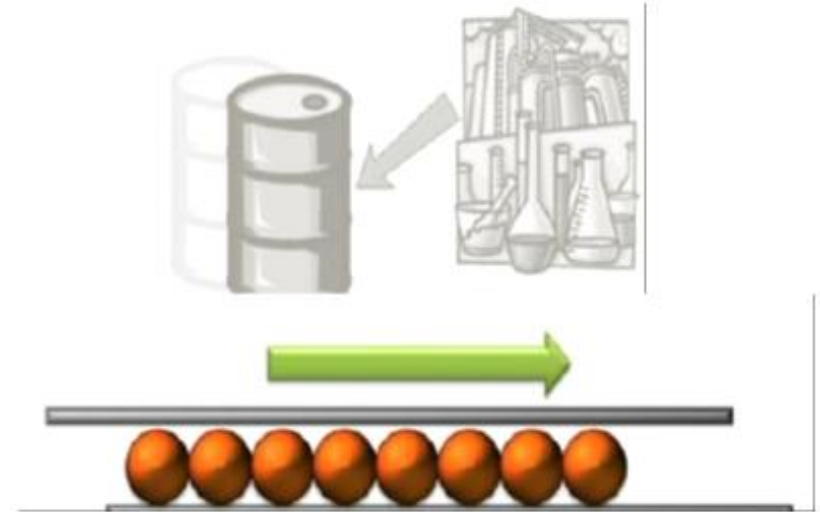
Destilado a partir del petróleo crudo en una refinería.



- Directo del Petróleo
- Se somete a PROCESOS FÍSICOS para quitar moléculas indeseadas
- No está alterado químicamente

## Base sintético

Diseñado químicamente en una planta química.



- Mediante reacciones químicas, se forman moléculas con propiedades lubricantes.
- Mas RENDIMIENTO
- Soporta MAYORES TEMPERATURAS y VELOCIDADES

# SEMI-SINTÉTICOS

- Simplemente es la **MEZCLA** entre **BASES MINERALES** y **SINTÉTICAS**
- Para ser considerado **SEMI-SINTÉTICO** debe tener **AL MENOS 10%** de **BASE SINTÉTICA**

Si la **MEZCLA** tiene **MÁS DE 70%** de **BASE SINTÉTICA** (o menos que 30% de **BASE MINERAL**) es considerado un **ACEITE SINTÉTICO**

# CLASIFICACIÓN DE BASES SEGÚN API (American Petroleum Institute)

Son los **COMPONENTES PRINCIPALES**.

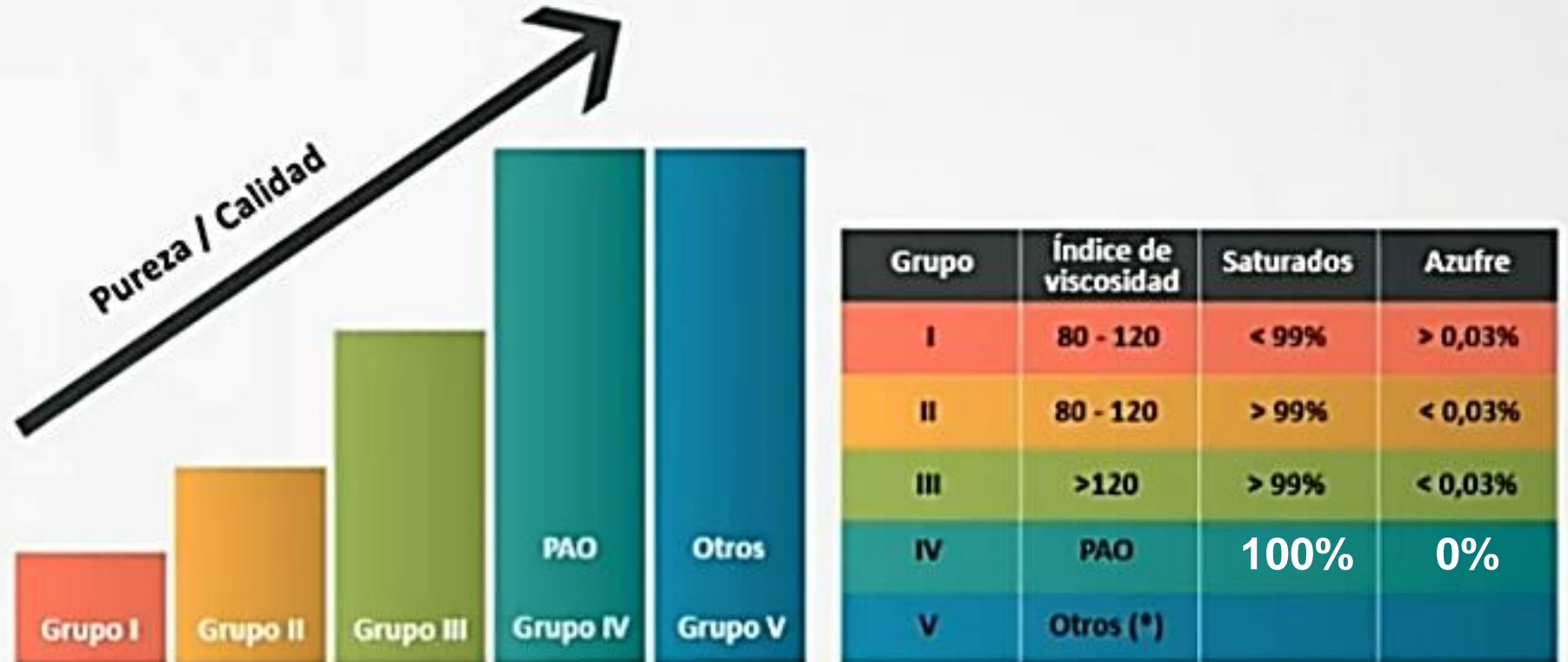
Constituyen hasta el **75% DEL ACEITE**.

Confieren las **PROPIEDADES PRINCIPALES**.

Determinan la **APLICACIÓN** del aceite.

Hay GRAN VARIACIÓN en las características de las BASES, que dependen de:

- **TIPO** de **PETRÓLEO**
- **TECNOLOGÍA** de la **REFINERÍA**
- **PROCESOS** utilizados en el **REFINADO**



(\*) Las bases del Grupo V pueden ser minerales, como las bases nafténicas, o sintéticas, como los ésteres

# CLASIFICACIÓN DE BASES SEGÚN API

Pureza / Calidad



Grupo	Índice de viscosidad	Saturados	Azufre
I	80 - 120	< 99%	> 0,03%
II	80 - 120	> 99%	< 0,03%
III	>120	> 99%	< 0,03%
IV	PAO	100%	0%
V	Otros (*)		

• Tienen **1% o más** de compuestos “**insaturados**” (los que reaccionan con el oxígeno del aire).

• Tienen **más de 0,03% de Azufre**

Proceso de producción en Refinería logra: menos de **1%** de **insaturados** y menos de **0,03** de Azufre

- Son Minerales
- Para tecnologías más antiguas de:
  - Motores (por el alto contenido de azufre)
  - Engranajes (ej: SAE 90, SAE 140)
- Prácticamente todos los monogrados

Son Minerales, de igual comportamiento en Temperatura que el grupo I

Grupo III es “comercialmente considerado Sintético” dado su alto grado de Refinación, Rendimiento, Estabilidad, Fluidéz a baja temp., Resistencia a la Oxidación, e Índice de Viscosidad casi al nivel de las bases Sintéticas.

## Contenido de azufre

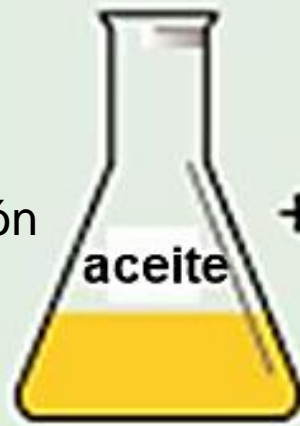
El **azufre** afecta negativamente a los catalizadores en los sistemas de postratamiento y puede afectar la compatibilidad con sellos, la oxidación y el desempeño frente a depósitos.

El azufre total en los aceites CK-4 está limitado a 4000 ppm máx. **Los procesos avanzados** de refinación y terminado **eliminan casi todo el azufre** en un aceite base.



# OXIDACIÓN:

Reacción



+ O<sub>2</sub>

Volátiles

Menor punto de inflamación  
Corrosión y mala demulsibilidad

Ácidos

Gomas y lacas

Válvulas pegadas

Lodos

Taponamiento de filtros y pasajes

Reacción acelerada por:

- Calor
- Agua
- Metales (cobre, cinc, etc.)
- Polvo
- Aire atrapado

---

La oxidación de un aceite puede conducir a subproductos nocivos



# OXIDACIÓN:



---

**Típicamente, un aceite oxidado se oscurece debido a los varios subproductos presentes**

# OXIDACIÓN:

Cuando las moléculas de hidrocarburo reaccionan con las moléculas de oxígeno

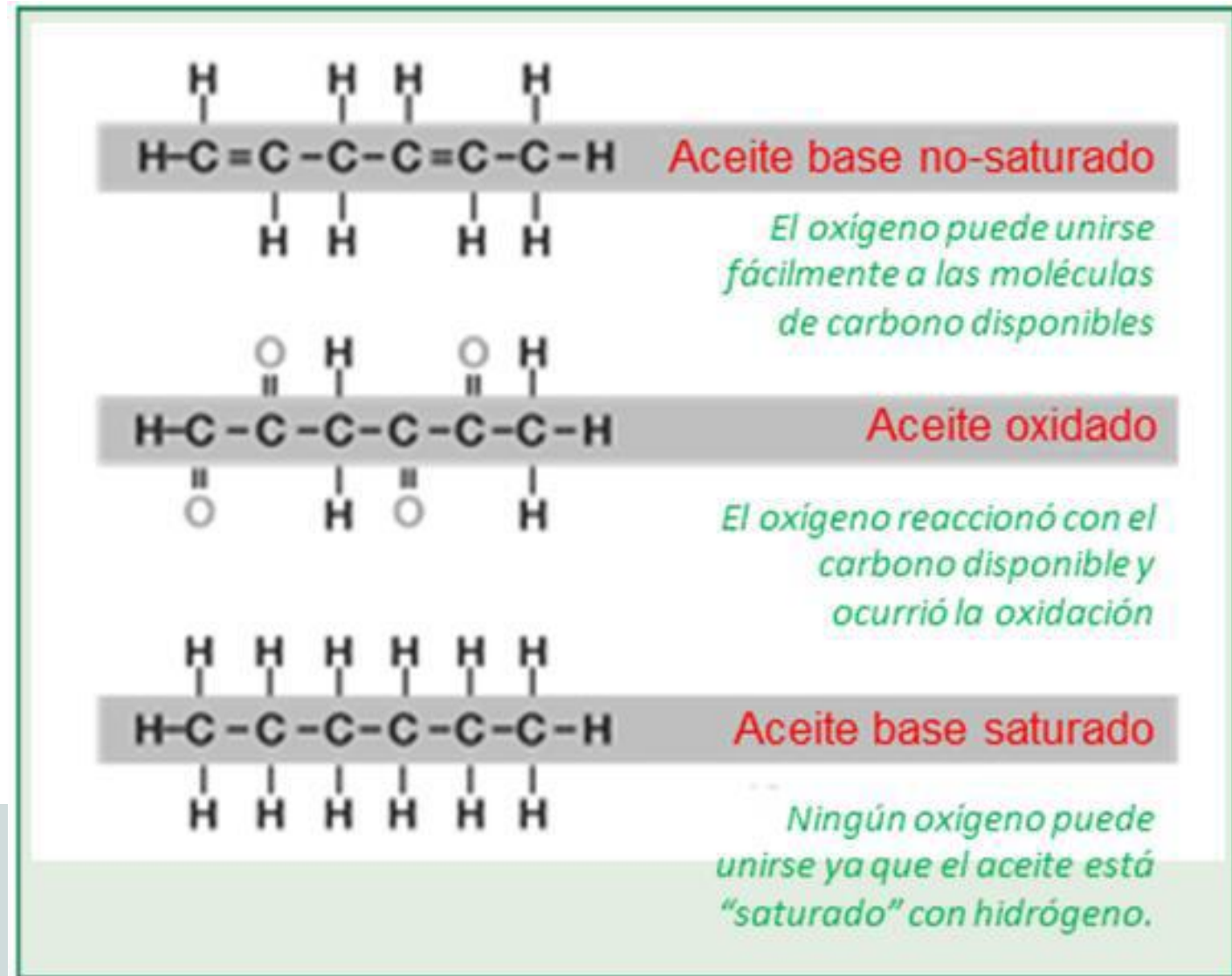
## Un aceite oxidado:

- Se espesa reduciendo capacidad de bombeo.
- puede volverse ácido y corroer las superf. metálicas.

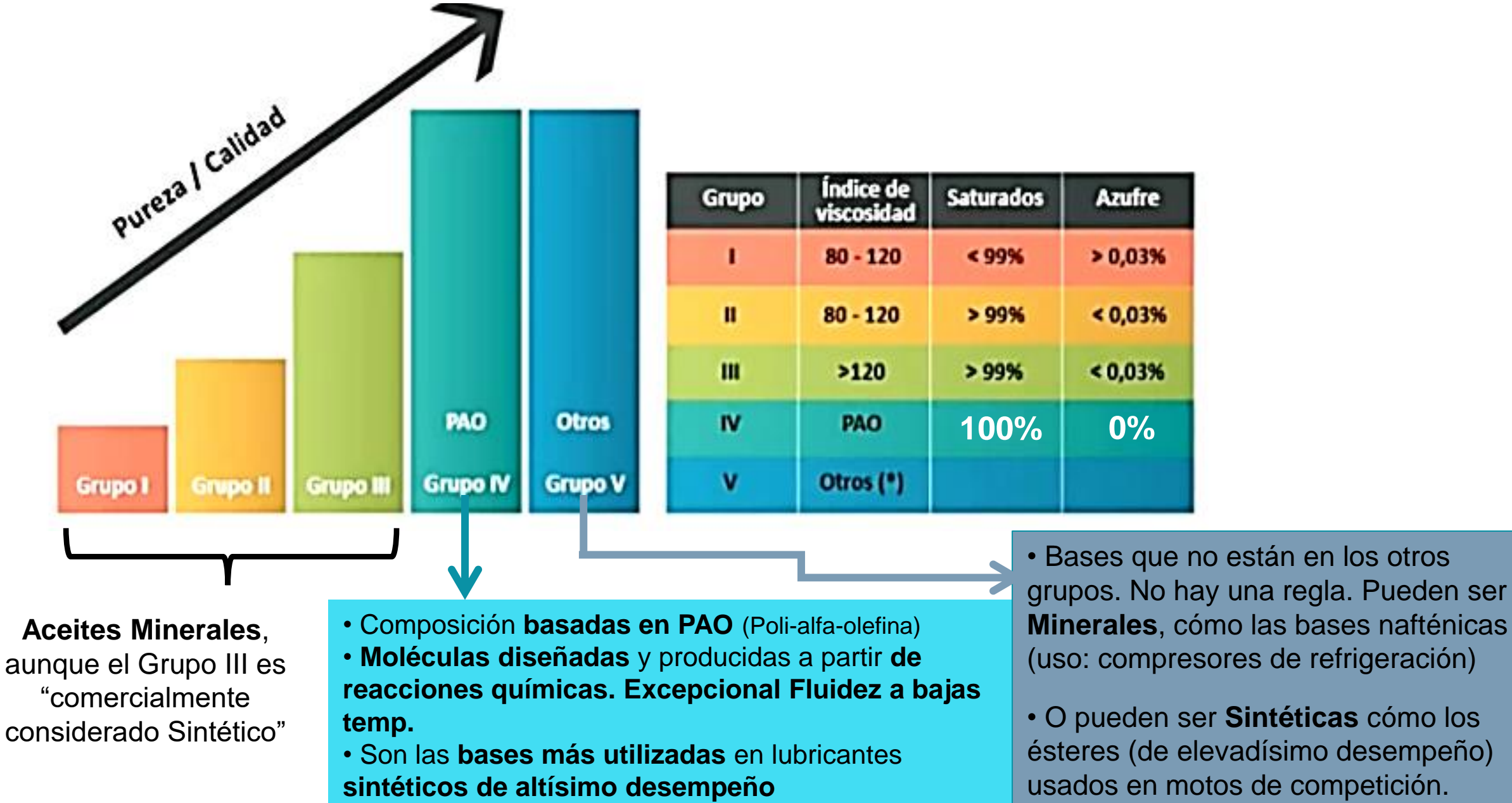
El buen rendimiento a la oxidación en un aceite base se relaciona directamente con la "saturación" del aceite base.

La saturación se refiere a la cantidad de moléculas de aceite base que no tienen dobles enlaces químicamente activos (menos posibilidades de que el oxígeno se adhiera)

Los aceites minerales base tratados con hidrógeno durante la refinación, son más saturados y, por lo tanto, tienen una mejor estabilidad a la oxidación que los aceites minerales base no tratados con hidrógeno.



# CLASIFICACIÓN DE BASES SEGÚN API



Grupo	Características	Aplicaciones
I	<p>Buen IV</p> <p>Alto grado de impurezas y contenido de Azufre</p> <p>Buena Resistencia a la Oxidación</p> <p>Buena compatibilidad con Sellos</p> <p>El rendimiento de los lubricantes terminados mezclados con aceites base del Grupo I depende en gran medida de la calidad del paquete de aditivos.</p>	<p>Motores viejos</p>
II	<p>Mejor IV</p> <p>Bajo contenido de Azufre y de impurezas</p> <p>Mejor Fluidez</p> <p>Buena Resistencia a la Oxidación (alto nivel de saturados)</p>	<p>Motores más modernos</p>

Grupo	Características	Aplicaciones
<div data-bbox="56 339 188 468">III</div>	<div data-bbox="257 182 1696 625"> <p>Alto IV</p> <p>Muy bajas impurezas</p> <p>Alto Rendimiento y Estabilidad</p> <p>Bajo punto de fluidez</p> <p>Buena Resistencia a la Oxidación (alto nivel de saturados).</p> <p>Solubilizan muy bien los sistemas de aditivos.</p> </div>	<div data-bbox="2043 325 2461 488"> <p>Alto</p> <p>Desempeño</p> </div>
<div data-bbox="50 1002 193 1125">IV</div>	<div data-bbox="257 775 1888 1368"> <p>Las PAO consisten en todas las estructuras de hidrocarburos saturados.</p> <p><b>No contienen Azufre</b> ni otros metales indeseados.</p> <p>Libres de cera, <b>puntos de fluidez muy bajos</b> y tienen un IV típicamente de 140.</p> <p><b>Buena estabilidad térmica</b>, pero a veces son difíciles de mezclar con aditivos.</p> <p><b>Alto precio</b></p> </div>	<div data-bbox="2010 846 2491 1282"> <p><b>Alto</b></p> <p><b>desempeño.</b></p> <p><b>Larga duración.</b></p> <p><b>Para equipos de alta severidad</b></p> </div>



— % Saturados —

Mejor estabilidad a la oxidación

Mejor control del hollín

Mayor índice de viscosidad



# LUBRICANTES SINTÉTICOS

- Excelente rendimiento sobre un rango de temperaturas más amplio.
- Capacidad de fluir fácilmente a bajas temperaturas.

## **Ventajas del aceite de base sintética:**

1. Mejora la limpieza (menos sólidos)
2. Reduce el desgaste
2. Reduce el mantenimiento y el tiempo de inactividad (mejora la productividad)
3. Reduce los costos de combustible.

# Aceite base sintético y mineral, ¿cuál es el mejor?

	Mineral convencional	Semisintético	Sintético
Estabilidad a alta temperatura	Regular	Buena	Óptima
Flujo a baja temperatura	Regular	Bueno	Óptimo
Volatilidad	Regular	Buena	Óptima
Manejo del hollín	Regular	Bueno	Óptimo
Índice de viscosidad (VI)	95-100	110-140	125-160

# AHORRO DE ENERGIA CON ACEITES SINTÉTICOS

## Compresores:

- Pistón / Alternativo 3 – 7%
- Tornillo 2 – 5%
- Centrífuga 3 – 5%
- Turbinas 1 – 3%
- Caja de Engranajes 1 – 5%

## Rodamientos:

- Ventiladores 3 – 5%
- Bombas 3 – 5%
- Motores 3 – 5%

# Estimación de Ahorro de Energía

**Ahorro de Energía = 3%**

$200 \text{ hp} \times 0,7457 = 149 \text{ kilowatts (kW)}$

**Costo de energía:** US\$ 0,10 kilowatt-hora (kWh)

$(149 \text{ kW} \times 8000 \text{ hrs} \times \text{US\$}0,10\text{kWh} \times 3\%) =$

**US\$ 3576,00**

# EJEMPLO 1: AHORRO DE ENERGÍA

## Mineral a Sintético (ISO VG 68)

**Equipamento: Compressor Rotativo**

PARÂMETROS	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
A (Ampères)	85,0	78,6	- 6,4
V (Volts)	220	220	0
Temp. Lubricante, °C	77	67	- 10
Temp. Ar, °C	80	68	- 12
Ruído, dB	100	97	- 3

# El valor REAL del lubricante sintético

Precio más  
elevado del aceite



- Problemas resueltos
- Operación asegurada
- Amplio rango de temp.
- Reducción de Mantenim.
- Ahorros



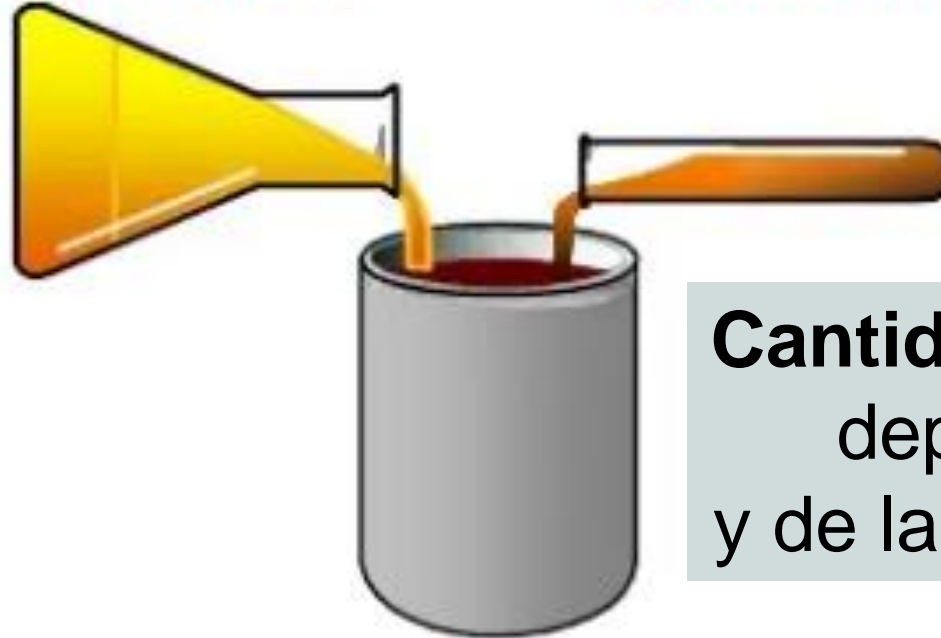
# ADITIVOS

## BASES

Son los **COMPONENTES PRINCIPALES**

**Base Lubricantes:**  
70% - 99.99%

**Aditivos:**  
0.01% - 30%

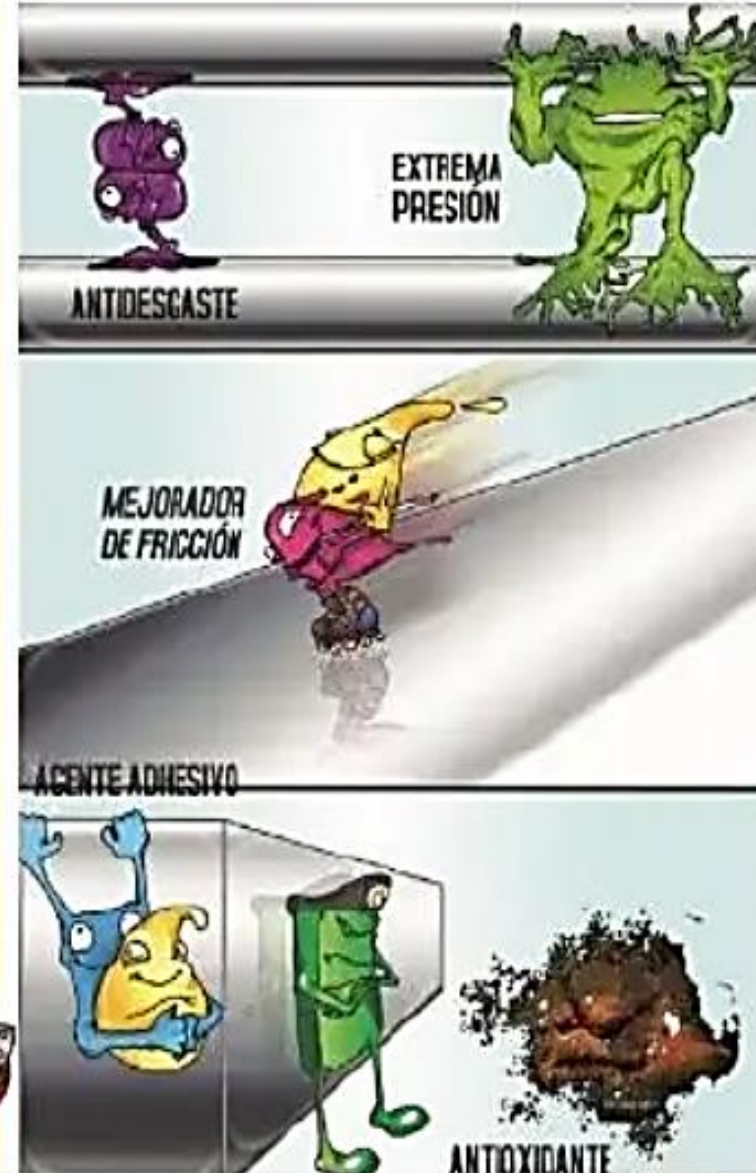


**Cantidad y tipo de aditivos**  
dependen de la **base**  
y de la **aplicación** del aceite

**LUBRICANTE**

# Clasificación de los aditivos:

**Activos  
en el  
Lubricante**



**Activos  
en la  
Maquinaria**



**DEMULSIFICANTE:**

PAQUETEA EL AGUA



**MEJORADOR DE  
ÍNDICE DE VISCOSIDAD**



**DISPERSANTE:**  
ATRAPA PARTÍCULAS  
DE HOLLÍN



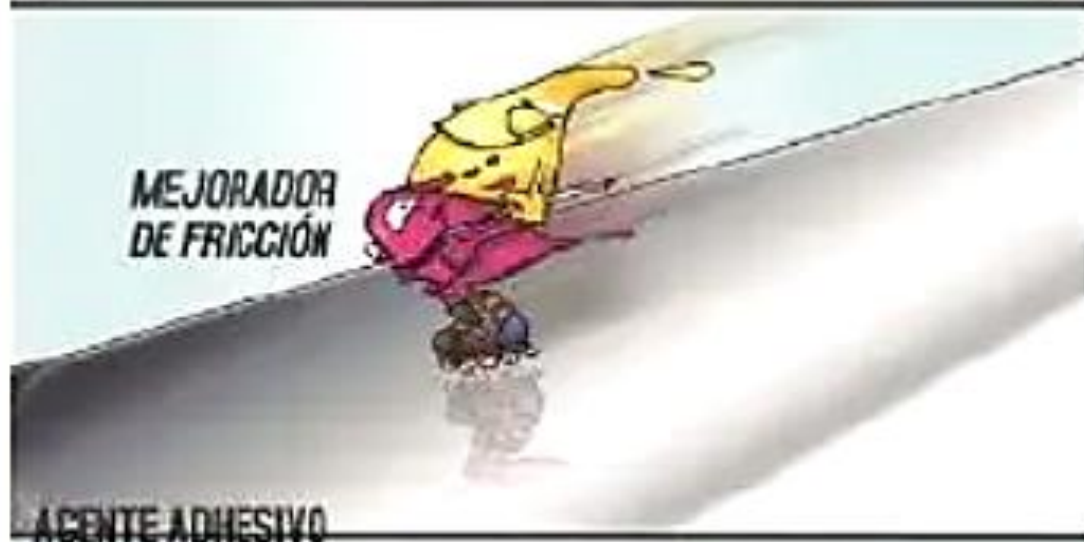
**DETERGENTE:**  
EVITA QUE SE  
PEQUEEN LOS  
DEPÓSITOS

**ANTIESPUMA**



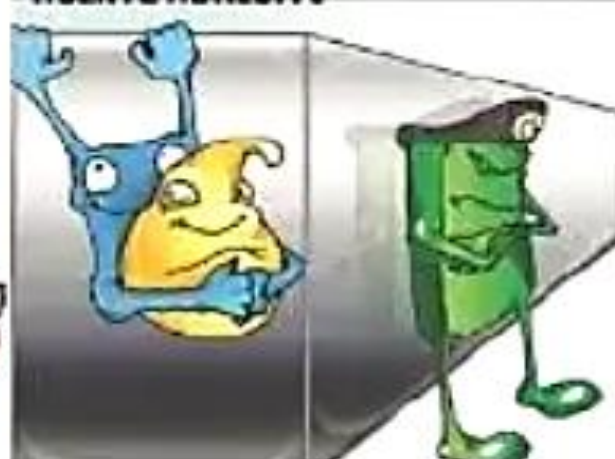
**ANTIDESGASTE**

**EXTREMA  
PRESION**



**MEJORADOR  
DE FRICCIÓN**

**AGENTE ADHESIVO**



**ANTIOXIDANTE**



## Mobil Delvac™ Super 1400 15W-40

Propiedades	Ventajas y beneficios potenciales
Estabilidad térmica y a la oxidación	Controla la acumulación de lodos y depósitos
Reserva de TBN	Control de los depósitos
Estabilidad ante el cizallamiento	Menor consumo de aceite y protección contra el desgaste
Excelente detergencia/dispersancia	Motores más limpios y una mayor vida útil de estos
Compatibilidad con los componentes	Una vida útil más larga de las empaquetaduras y sellos



# La clave para elegir un aceite correcto



Elegir un fluido con  
buen aceite base **y** aditivos de alta  
calidad,  
combinados adecuadamente



# API: American Petroleum Institute

Clasifica motores a Nafta y Diesel

ejemplos:

API **SG**  
API **SL**

**La “S” = Spark**  
(significa chispa, por lo tanto se refiere a NAFTA)

**El último, en orden alfabético,  
es mejor que el anterior.**

**Ejemplo: El API SL es mejor  
que el API SG**



# API: American Petroleum Institute

Clasifica motores a Nafta y Diesel

ejemplos:

API **CH**-4

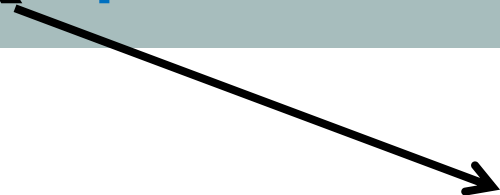
API **CI**-4

API **CJ**-4

API **CK**-4

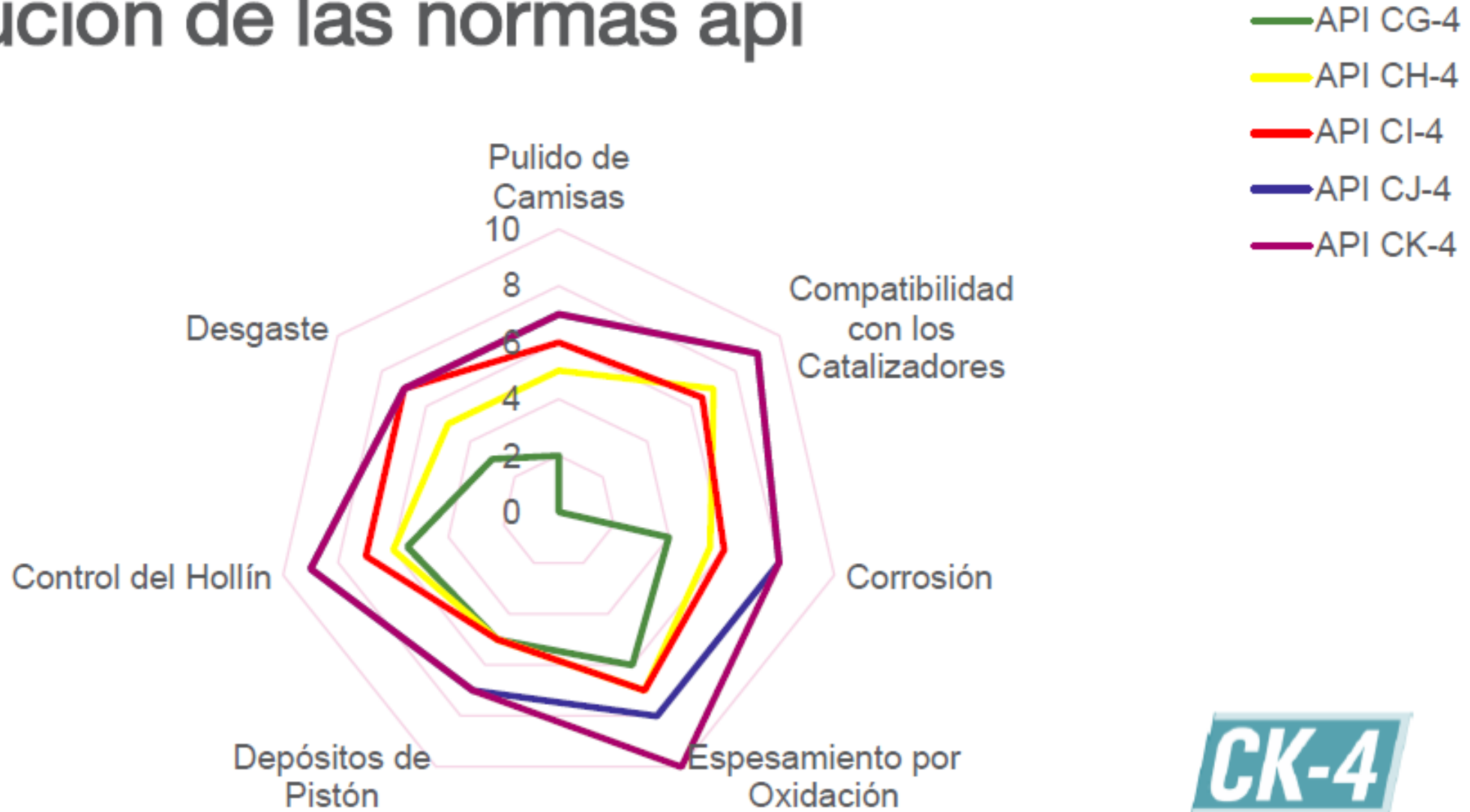


La “C” = **compression**  
(por lo tanto se refiere a  
DIESEL)



El último, en orden alfabético,  
es mejor que el anterior.  
Ejemplo: El API CK-4 es  
mejor que el API CJ-4

# Evolución de las normas api



Mayor vida útil



**30.000 km**  
**300 hs**



**45.000 km**  
**450 hs**



**60.000 km**  
**550 hs**

# Ahorro usando un API CI-4

	Precio por 30 litros	Duración del aceite en km		Costo del aceite por km	% Ahorro
Mobil Delvac™ Super 1400 15W-40 API <b>CH-4</b>	\$ 63.372	30.000km		\$ 2,11	-
Mobil Delvac MX POWER 15W-40 API <b>CI-4</b>	\$ 85.298	45.000km		\$ 1,90	<b>10,27%</b>

+ el ahorro por parar menos veces el camión para los services



**30.000 km**  
**300 hs**



**45.000 km**  
**450 hs**

# Ahorro usando un MOBIL DELVAC™ XHP EXTRA 10W-40 (SINTÉTICO)



**1,5% de ahorro en Combustible**

Pero con un **Diesel Grado III**  
y **10 ppm de Azufre**





## Acerca de COMBUSTIBLES

**AZUFRE:** debe tener la menor cantidad posible, ya que ataca metales, perjudica el sistema de inyección e impacta en el medio ambiente.

**Nº de CETANO:** mientras más alto sea, mejor será la combustión.

	AXION Diesel QUANTUM	AXION Diesel X-10	YPF INFINIA Diesel	YPF Diesel 500	SHELL Evolux Diesel 500	SHELL V-POWER Diesel
Cantidad de Azufre (ppm)	6	8	6	470	hasta 500	10
Nº de Cetano	57	54	55	51	No dice la hoja técnica	52



# Ahorro usando un MOBIL DELVAC™ XHP EXTRA 10W-40 (SINTÉTICO)



**1,5% de ahorro en Combustible**

Pero con un **Diesel Grado III**  
y **10 ppm de Azufre**





Mobil Delvac XHP Extra Sintético 10W-40

Propiedades y especificaciones

Propiedad	
Grado	SAE 10W-40
Índice de viscosidad, ASTM D2270	151
Cenizas, sulfatadas, % masa, ASTM D874	1,9
Número de base total, mgKOH/g, ASTM D2896	15,9
Densidad a 15 C, g/ml, ASTM D4052	0,87
Viscosidad cinemática a 100 C, mm2/s, ASTM D445	13,2
Punto de fluidez, °C, ASTM D97	-42



			XV 100
Grado SAE	----	----	15W-40
Viscosidad a 100 °C	cSt	D445	15
Índice de viscosidad	----	D2270	133
Punto inflamación, mín.	°C	D92	228
Punto escurrimiento, máx.	°C	D97	-36
TBN (Número Básico Total)	mg KOH/g	D2896	10
CCS (Viscosidad dinámica en el arranque en frío)	cP	D5293	6000 a -20 °C
HTHS a 150°C (Viscosidad dinámica a alto esfuerzo y alta temperatura)	cP	D5481	4,15
Noack a 250°C (Volatilidad)	%p	D5800	10,5

# API: American Petroleum Institute

También clasifica engranajes automotrices

Mayor contenido  
de aditivos  
EP: Azufre-Fósforo  
**EP** = Extrema Presión

## CLASIFICACION API

GL-1

GL-2 (obsoleto)

GL-3 (obsoleto)

GL-4

GL-5

GL-6 (obsoleto)

MT-1

**GL** = Gear Lube

**GL- 4:** PARA LA MAYORIA DE LAS CAJAS MANUALES, ENGRANAJES HELICOIDALES, HIPOIDALES PERO DE MODERADA SEVERIDAD.

**GL- 5:** TODOS LOS EJES HIPOIDALES (DIFERENCIALES) Y ALGUNAS CAJAS MANUALES. **TIENE ALTO CONTENIDO DE ADITIVOS EP (AZUFRE – FÓSFORO GENERALMENTE).**

**MT-1:** HD, CAJAS MANUALES DE CAMIONES. EXCELENTE RESISTENCIA A LA ALTA TEMPERATURA-MUY COMUN EN USA. **TIENE ALTO CONTENIDO DE ADITIVOS EP.**

# ¿Dónde va API GL-4 y donde API GL-5?

## ¿POR QUE NO PODEMOS USAR UN ACEITE **GL-4** EN UN DIFERENCIAL?

>>> API GL-4 no tiene suficientes ADITIVOS EP, no puede proteger al eje ante cargas muy altas y cargas de impacto.

## **POR QUE NO PODEMOS USAR UN ACEITE GL-5 EN UNA TRANSMISION?**

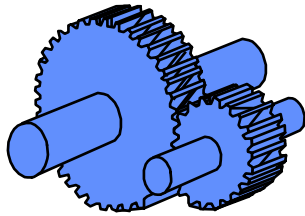
>>> API GL-5 tiene un muy alto nivel de aditivos EP (Azufre - Fosforo en general) Muy fuerte olor, ácido.

>>> El exceso de ADITIVO EP puede atacar a los aros sincronizadores y causar corrosión y desgaste, produciendo problemas durante el pasaje de marchas.

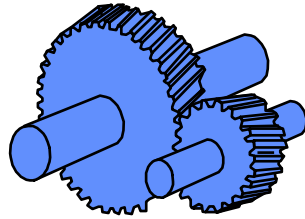
>>> Se produce recalentamiento del aceite por resbalamiento excesivo del conjunto sincronizador → Depósitos.

# TIPOS BASICOS DE ENGRANAJES

## EJES PARALELOS



DIENTES  
RECTOS

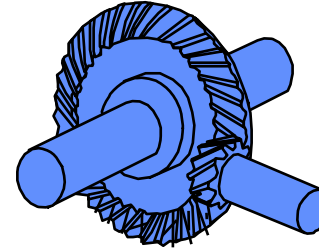


HELICOIDALES

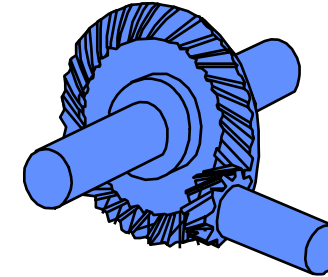
**USADOS EN CAJAS DE  
CAMBIOS MANUALES Y  
AUTOMATICAS - TIENEN  
UN BAJO NIVEL DE  
DESLIZAMIENTO ENTRE DIENTES Y ASI  
MENORES REQUERIMIENTOS DE ADITIVO “EP”**

**API GL-4**

## EJES EN ANGULO



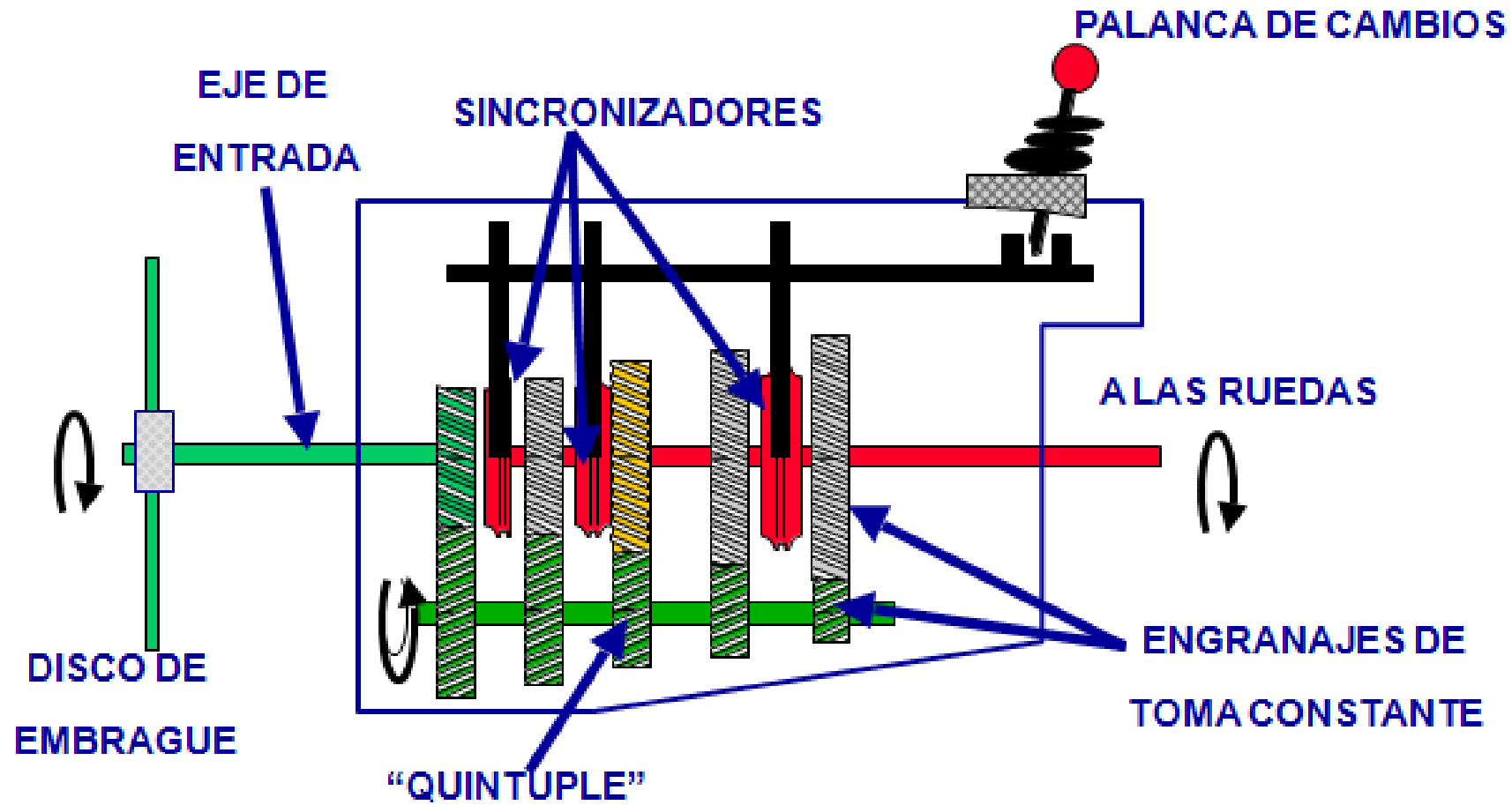
CONICO  
HELICOIDAL



HIPOIDAL

**USADOS EN DIFERENCIALES  
Y TIENEN UN ALTO NIVEL  
DE DESLIZAMIENTO Y DE CARGAS ,  
QUE CONDUCEN A TENER  
REQUERIMIENTOS DE ADITIVO “EP”, CON  
TRATAMIENTOS ALTOS**

**API GL-5**



### LUBRICACION DE SINCRONIZADORES

- 📄 VISCOSIDAD CORRECTA (BAJA)
- 📄 EL LUBRICANTE NO DEBE INTERFERIR CON LAS PROPIEDADES DE FRICCIÓN DE LOS SINCRONIZADORES (POR EJ. SIEMPRE SE USA CONT. MEDIO a BAJO DE "EP")

API GL-4



# Tipos de aceite para cajas manuales

Aceites Minerales Puros, ahora casi en desuso (norma API GL-1)

Aceites con Aditivos Antidesgaste (norma API GL-3)

Aceites con MEDIO contenido de Aditivos Extrema Presión (norma API GL-4)

Aceites para MOTOR Monogrado (no usar Multigrado, EL POLÍMERO SE ROMPE FÁCILMENTE)

Aceites tipo ATF (los fluidos para Caja Automática, usualmente de color ROJO)

No se recomiendan Aceites con ALTO contenido de Aditivos EP (norma API GL-5)

# Aceite para engranajes metido en un motor: INCOMPATIBLE !!!



## **CASO DE ACEITE CON ADITIVO "EP" PUESTO EN UN MOTOR**

**Había fuerte olor (muy ácido, tipo  
sulfídrico)**

**TODOS LOS COMPONENTES  
PRESENTARON DEPÓSITOS  
NEGROS, DERIVADOS DEL  
ADITIVO AZUFRE-FOSFORO**

# ATF (Automatic Transmission Fluid)

Cuándo aparece la denominación “**AT**” (Automatic Transmission), generalmente hace referencia al tipo “AT con convertidor/engranajes planetarios”, que son las Transmisiones Automáticas más comúnmente conocidas.

Por ejemplo: Chevrolet S10-2.8 Tdi Electronic-**AT**-200CV-Diesel.

# ATF (Automatic Transmission Fluid)

FABRICANTE	ESPECIFICACION
GENERAL MOTORS	DEXRON IIE / DEXRON III
FORD	MERCON / MERCON V
ALLISON DIVISION G	C-4
CATERPILLAR	TO-4

# ¿Cambio de aceite, por qué y cuándo?

A medida que el lubricante hace su tarea, los aditivos se consumen o agotan.

Un aceite bien formulado permite controlar este agotamiento durante la vida útil del lubricante.

# ¿Cuándo se debe cambiar el aceite?

Como guía básica, debe cambiar el aceite cuando:

- La viscosidad ha cambiado en +/- 20% respecto del aceite nuevo
- El punto de inflamación ha descendido por debajo de los 180°C
- El contenido de agua ha llegado a un 0,2%
- El TBN ha disminuido en un 50% respecto del aceite nuevo
- El contenido insoluble ha aumentado a un 2% del aceite

# ¿Cambio de aceite, por qué y cuándo?

También, el lubricante puede verse contaminado por:

- Combustible
- Depósitos
- Hollín
- Agua - Anticongelante
- Polvo
- Ácidos
- Metales de desgaste.

Estos contaminantes modifican las propiedades físicas y químicas del lubricante



# Análisis de Aceites

El análisis de aceite en uso es esencial para evaluar la salud de su operación. Una muestra de aceite proporciona información crucial que puede ayudar a:

Aumentar la productividad

Reducir el tiempo de inactividad no programado

Prolongar la durabilidad del equipo

Disminuir el consumo de lubricantes

# **Ejemplo de un Análisis de Aceite de Transformador, su aplicación, su interpretación y su relación con el Mantenimiento Predictivo y Confiabilidad**

El informe respalda la optimalidad del uso del lubricante analizado en transformadores eléctricos.

Se trata de un **certificado / informe de análisis** realizado por **"SEA MARCONI"** (laboratorio de reconocimiento mundial en el rubro).

Se pueden corroborar valores como:

- Rigidez Dieléctrica** ensayados (promedio de 54 kV).
- Bajo Tangente Delta:** indican su excelente capacidad aislante

## INFORME DE PRUEBA

número **460068**, revisión **1** del **14/05/2025**

La presente revision anula y reemplaza las revisiones anteriores con el mismo numero de

### DETALLE DE LOS CAMBIOS EN ESTA REVISIÓN:

MOTIVO DE LA REVISIÓN: Conclusión de las pruebas previstas en el contrato.  
PARTES REVISADAS DEL INFORME: Pruebas añadidas: Gasificación dispersa y Estabilidad a la oxidación. Se revisó el valor de la tensión interfacial tras repetir la prueba en otro recipiente del kit de muestreo.

### DATOS DE LA MUESTRA n° 460068

- La toma de muestra ha sido realizada por el Cliente o por terceros.



Etiqueta: TANQUE 10 ANTIVARI  
Categoría: Aceite aislante mineral  
Tipología: Nuevo  
Embalaje: - Kit DeosTR+New (Cantidad: 2500 ml)  
Procedimiento de muestreo: IEC 60475 (Kit DEOS - CLIENTE)  
Punto de muestreo: -

Fecha de registro: 16/04/2025  
Fecha de toma: 08/04/2025  
Responsable toma: Usuario/Cliente  
Temperatura del fluido (°C):  
Temperatura ambiente(°C):



### NOTAS DEL CLIENTE



### NOTAS DEL LABORATORIO

## RESULTADOS

ensayos realizados del 22/04/2025 al 04/07/2025

LEYENDA:

No conforme al Valor guía

No conforme al Valor limite

Leyenda de las notas a pie de tabla

PARÁMETRO / PROPIEDAD	UdM	RESULTADO	U(y)	n° med.	% conf	METODO APLICADO	VALOR GUIA	VALOR LIMITE	NOTAS
Aspecto	-	Limpio				Examen visual	Limpio		(*) [L-3]
Color (ASTM)	Coef. ASTM	0		1	0.95	ASTM D1500-12(2017)		< 2	(*) [L-4]
Agua disuelta (extracción por evaporación)	mg/kg	12	± 4	2	0.95	IEC 60814:1997		< 30	[L-4] [R-1]
- Rigidez dieléctrica	kV					IEC 60156:2025			(*)
- Rigidez dieléctrica (media)	kV	54	± 13,4	6	0.95	IEC 60156:2025		> 30	(*) [L-4]
- Temperatura de prueba	°C	25				IEC 60156:2025			(*)
- kV Test 1	kV	52,8				IEC 60156:2025			(*)
- kV Test 2	kV	59,5				IEC 60156:2025			(*)
- kV Test 3	kV	57,6				IEC 60156:2025			(*)
- kV Test 4	kV	52,1				IEC 60156:2025			(*)
- kV Test 5	kV	49,9				IEC 60156:2025			(*)
- kV Test 6	kV	52,2				IEC 60156:2025			(*)
TAN - Acidez total	mg KOH/g	< 0,01		1	0.95	IEC 62021-1 : 2003		< 0,01	(*) [L-4]
Tg Delta (@ 90 °C)	-	0,0003	± 0,00013	1	0.95	IEC 60247 : 2004		< 0,005	(*) [L-4]
Tension Interfasica	mN/m	47,6	± 5,2	3	0.95	ASTM D971 - 12		> 40	(*) [L-4]
Viscosidad cinematica (40 °C)	mm2/s	9,24	± 0,35	1	0.95	ASTM D7042 - 16e3		< 12	(*) [L-4]
Densidad (20 °C)	kg/l	0,8385	± 0,0015	1	0.95	ASTM D7042 - 16e3		< 0,895	(*) [L-4]
Punto de congelacion	°C	-40				ISO 3016:1994			(*)

## RESUMEN DE RESULTADOS

- **Aspecto y color:** Aceite limpio, color ASTM 0 (excelente, muy claro).
- **Agua disuelta:** 12 mg/kg (muy por debajo del límite <30).
- **Rigidez dieléctrica:** Media de 54 kV (muy superior al mínimo requerido >30 kV).
- **Acidez total (TAN):** <0,01 mg KOH/g (prácticamente nula, dentro de los límites).
- **Tangente delta (90 °C):** 0,0003 (muy baja, indica excelente capacidad aislante).
- **Tensión interfacial:** 47,6 mN/m (>40, muy favorable, denota baja contaminación).
- **Viscosidad y densidad:** Dentro de norma (viscosidad 9,24 mm<sup>2</sup>/s <12; densidad 0,8385 <0,895).
- **Punto de congelación:** -40 °C (apto para bajas temperaturas).
- **Flash point:** 139 °C (>135, dentro de norma).
- **Gases por gasificación dispersa:** Se detectaron niveles normales, sin indicios críticos de degradación prematura.
- **PCB:** <2 mg/kg (no contaminado).
- **Compuestos furánicos:** <0,05 mg/kg (no hay degradación significativa del papel aislante).
- **Aditivos antioxidantes:** DBPC presente en 0,32% (dentro de rango, asegura protección frente a oxidación).
- **DBDS (azufre corrosivo):** <5 mg/kg (cumple norma, no corrosivo).
- **Ensayo de corrosión del cobre:** No corrosivo, sin depósitos en papel.
- **Estabilidad a la oxidación (500h):** Excelente: residuos, acidez y tan δ muy bajos.

## CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS

- El aceite analizado cumple con todas las especificaciones internacionales (IEC/ASTM) y valores guía para aceites aislantes minerales nuevos.
- Presenta: Excelente comportamiento dieléctrico y químico, con rigidez alta, baja acidez, y baja presencia de agua.
- Muy buena estabilidad a la oxidación, reforzada por antioxidantes activos en concentración adecuada.
- Ausencia de contaminantes críticos como PCB, DBDS o compuestos furánicos.
- No es corrosivo hacia cobre ni papel aislante.
- En síntesis, el fluido se encuentra en condiciones óptimas para su uso en transformadores eléctricos, garantizando seguridad, confiabilidad y larga vida útil del aislamiento.

# FALLAS y su relación con los tipos de Mantenimiento





# GRASAS

Imaginemos a la grasa como una ESPONJA que contiene aceite



En la aplicación, se aplica fuerza y se libera aceite lubricante.



# Composición de las grasas



Lubricante (80 – 90%)



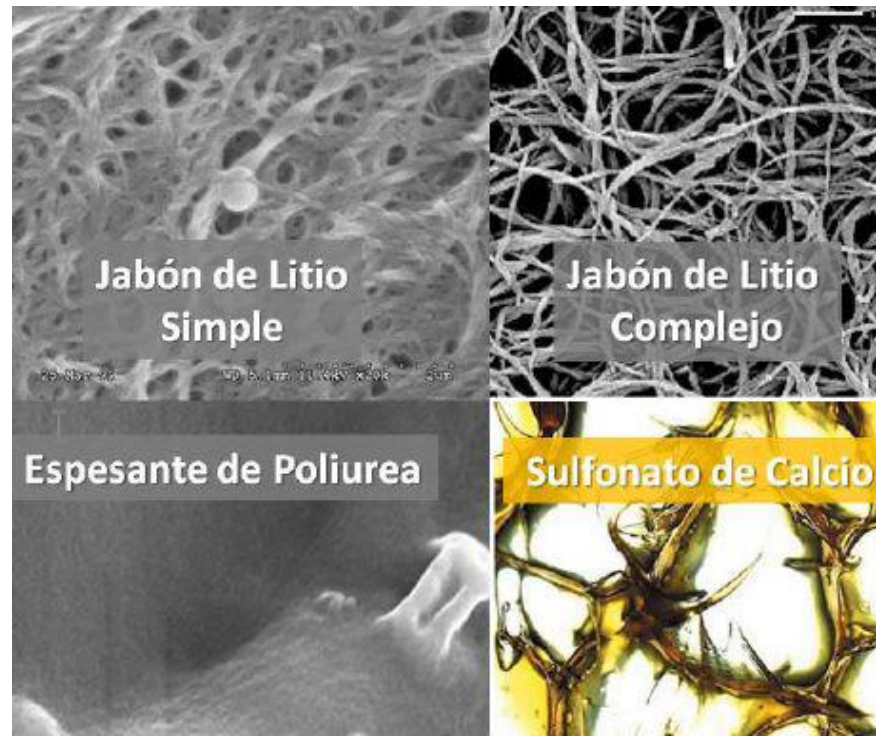
Espesante (10 – 15%)

El espesante mantiene al lubricante  
en su lugar



Aditivos (5 – 10%)

Mejoran o adicionan  
características



# Espesante



NLGI 1.5  
ISO VG 460



NLGI 00  
ISO VG 460

# Características de los Espesantes

Propiedades	Estabilidad a la Oxidación	Comp. en Alta Temperatura	Resistencia al agua	Separación de Aceite	Bombeabilidad en Sistemas Centralizados	Tendencia en la fabricación	Ppales. Usos
Litio	Buena	Pobre	Buena	Muy Buena	Muy Buena	Líder	Engrase General
C-Litio	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Creciendo	Engrase General
C. Aluminio	Muy Buena	Muy Buena	Excelente	Muy Buena	Buena	Creciendo	Grado Alimenticio
C. Calcio	Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Justa	Decreciendo	Papeleras
S. Calcio	Buena	Buena	Excelente	Muy Buena	Muy Buena	Sin cambios	Siderurgias
Polyurea	Muy Buena	Muy Buena	Justa	Muy Buena	Muy Buena	Sin cambios	Motores Eléctricos
Arcilla (Bentonita)	Muy Buena	Excelente	Muy Buena	Buena	Buena	Decreciendo	Alta Temp.

# Los más usuales

	Complejo de Litio	Sulfonato de Calcio	Polyurea
Pros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buen rendimiento general</li> <li>Buen comportamiento ante alta temp.</li> <li>Buena resistencia al agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente resistencia al agua</li> <li>Excelente propiedades EP (Extrema Presión)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente estabilidad al corte</li> <li>Excelente resistencia al sangrado</li> <li>Propiedades EP</li> </ul>
Contras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bombeabilidad a baja temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bombeabilidad a baja temperatura</li> <li>Compatibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja resistencia al agua</li> <li>Problemas de compatibilidad</li> </ul>
Aplicaciones Típicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicaciones industriales generales</li> <li>Temperaturas moderadamente elevadas</li> <li>Buenas propiedades de adherencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta temperaturas</li> <li>Áreas con alta contaminación</li> <li>Áreas con alta presencia de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engrase de motores eléctricos</li> <li>Engrase de rodamientos de alta velocidad</li> <li>Altas temperaturas</li> </ul>
Temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta <b>150°C</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta <b>163 °C</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta <b>171°C</b></li> </ul>



# Compatibilidad de los Espesantes

	Aluminum Complex	Calcium Complex	Calcium Sulfonate	Lithium 12-Hydroxy	Lithium Complex	Polyurea	Clay
Aluminum Complex	C	I	M	I	I	M	I
Calcium Complex	I	C	M	I	M	C	I
Calcium Sulfonate	M	M	C	M	C	I	I
Lithium 12-Hydroxy	I	I	M	C	C	M	I
Lithium Complex	I	M	C	C	C	M	I
Polyurea (shear stable)	M	C	I	M	M	C	M
Clay	I	I	I	I	I	M	C



# Selección de Grasas

1. Viscosidad de Aceite Base
2. Grado NLGI
3. Tipo de Espesante
4. Propiedades Especiales/Aditivos

# Regla general para selección

Existe una regla general para la primera selección de la grasa basada en la velocidad del rodamiento

Aplicación	Viscosidad	Consistencia	Liberación de Aceite
Rápida	Baja	Dura	Alta
Lenta	Alta	Blanda	Baja

## Viscosidad de Aceite Base según aplicación

Viscosidad del Aceite Base	Aplicación
Viscosidad < ISO 100	Altas velocidades > 3600 rpm, bajas cargas, buen comportamiento a baja temperatura. Motores Eléctricos
ISO 150 - 220	Velocidades moderadas hasta 1800 rpm, buen soporte de carga. Viscosidad TÍPICA de las grasas para aplicaciones multi propósito
ISO 320 - 460	Baja velocidad, Alta Temperatura, Alta carga, en general con buena resistencia al agua
ISO 680	Acoplamientos de Alta Velocidad
ISO 1500	Velocidades típicas < 100 rpm, excelente soporte de carga, buena resistencia al agua
ISO 3200	Acoplamientos de Alta Velocidad (Viscosidad que es recomendada por algunos OEM en particular)

# Grado NLGI

NLGI Grado	Penetración Trabajada	Descripción	Aplicación Típica
6	85-115	Sólida	Cojinetes lisos de muy lento movimiento.
5	130-160	Muy Dura	Cojinetes lisos de muy baja velocidad.
4	175-205	Dura	Muy alta velocidad y baja carga.
3	220-250	Media	Cojinetes de elementos rotantes de alta velocidad. En general rodamientos a bolas. Motores eléctricos.
2	265-295	Media Suave	Cojinetes de elementos rotantes. Grado más usual. Uso general en rodamientos de diferentes tipos de elementos rotantes ( bolas, rodillos, etc.).
1	310-340	Suave	Sistemas centralizados de lubricación y bajas temperaturas.
0	355-385	Muy Suave	Sistemas centralizados de lubricación.
00	400-430	Semi Fluida	Engranajes cerrados.
000	445-475	Fluida	Engranajes cerrados.

# Frecuencia de Re-lubricación

Fórmula para cálculo de la frecuencia de re-lubricación

$$T = K \left[ \left( \frac{14,000,000}{n \sqrt{d}} \right) - 4d \right]$$

T = Frecuencia (horas)

K = Producto de todos los factores de corrección - Ft\*Fc\*Fh\*Fv\*Fp\*Fd

n = velocidad (RPM)

d = diámetro interior (mm)

Factor	Condición	Rango de operación promedio	Factor de corrección
Ft	Temperatura en la carcasa	< 65°C	1.0
		65 a 80°C	0.5
		80 a 93°C	0.2
		> 93°C	0.1
Fc	Contaminación sólida	Ligera, polvo no abrasivo	1.0
		Severa, polvo no abrasivo	0.7
		Ligera, polvo abrasivo	0.4
		Severa, polvo abrasivo	0.2
Fh	Humedad	Humedad inferior a 80%	1.0
		Entre 80% y 90%	0.7
		Condensación ocasional	0.4
		Agua ocasional en carcasa	0.1
Fv	Vibración	Velocidad pico < 0.2 ips*	1.0
		0.2 a 0.4 ips	0.6
		> 0.4 ips	0.3
Fp	Posición del eje	Horizontal	1.0
		45 grados	0.5
		Vertical	0.3
Fd	Diseño del rodamiento	Rodamiento de bolas	10
		Rodillos cilíndricos/aguja	5
		Rodillos cónicos/esféricos	1

ips = pulgadas por segundo (in/seg)

0,2 ips = 5 mm/seg



# Factor de Velocidad






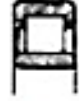




Existe una forma rápida para determinar la viscosidad correcta del aceite base lubricante para cojinetes. Si bien comúnmente no se utiliza, es muy importante considerar el factor de corrección en el cálculo.

$$F_v = N \times D_m \times K$$

**N:** Número de vueltas (rpm)

**Dm:** Diámetro medio del rodamiento (D.interior + D.exterior)/2 (mm)

**K:** Factor de corrección por el tipo de rodamiento.

1	1.1	1.4	1.67	2.5
				
				

**nD<sub>m</sub> correction factors (k<sub>a</sub>) for various bearing configurations**

Velocidad	Factor de Velocidad	Viscosidad
Muy Alta	$N \cdot D_m > 400,000$	ISO 22
Alta	$400,000 > N \cdot D_m > 200,000$	ISO 100
Moderada	$200,000 > N \cdot D_m > 100,000$	ISO 150 - 220
Baja	$100,000 > N \cdot D_m$	ISO 460 - 1500



El periodo de reengrase puede verse disminuido por las condiciones:

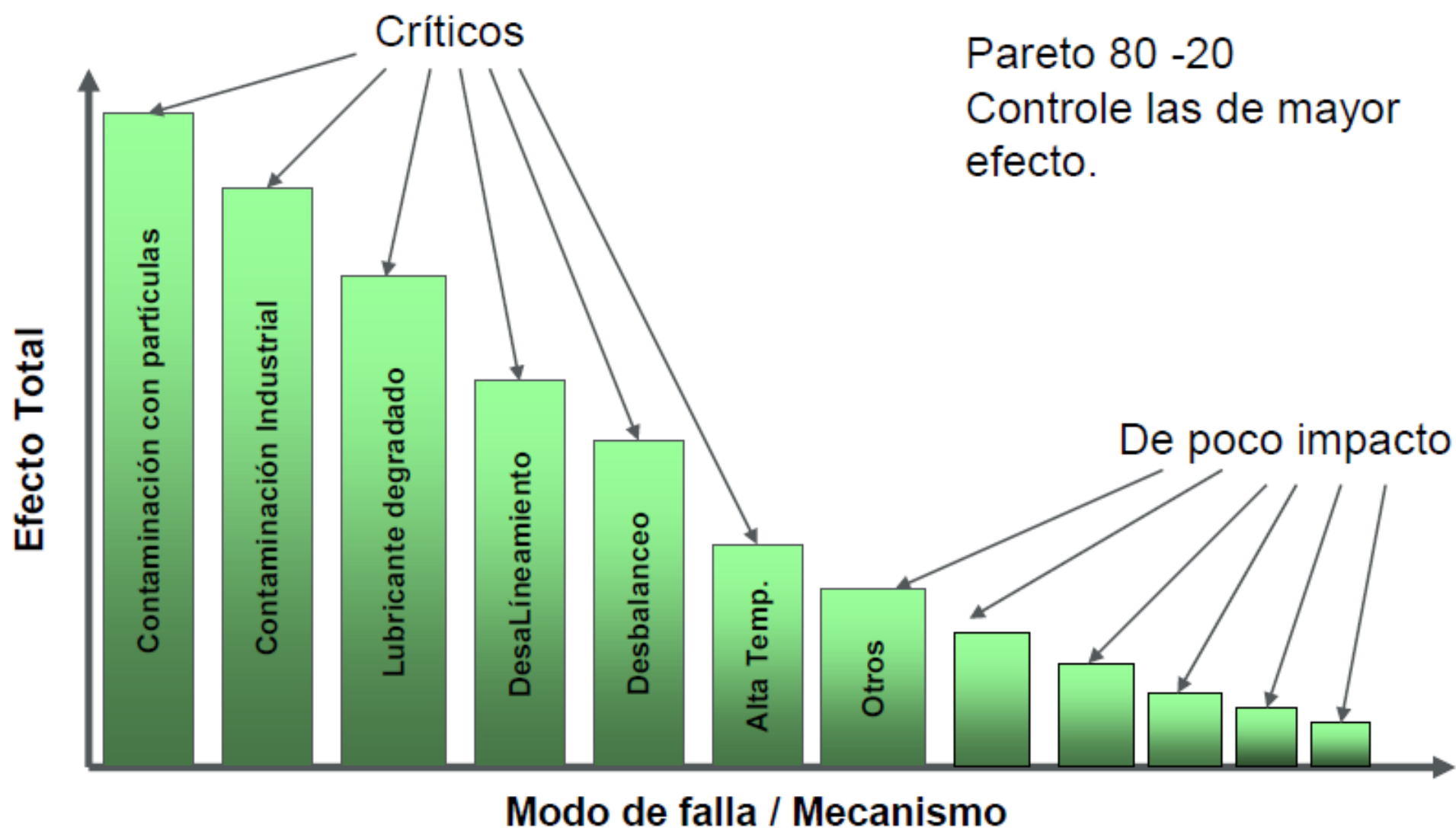
Condición	Ajuste
Temperatura de Operación	Reducir el intervalo a la mitad por cada 25°F por encima de los 150°C
Contaminación por Humedad	Reducir el intervalo en hasta un 95% basado en la severidad del ingreso de humedad
Contaminación por Particulado	Reducir el intervalo en hasta un 70% basado en la severidad de la contaminación del particulado
Orientación del Rodamiento	Reducir el intervalo a la mitad en el caso de eje vertical
Vibración	Reducir el intervalo en 1/3 por cada 0,2 ips (inches per second)

# LA IMPORTANCIA DE MANTENER LIMPIOS LOS LUBRICANTES

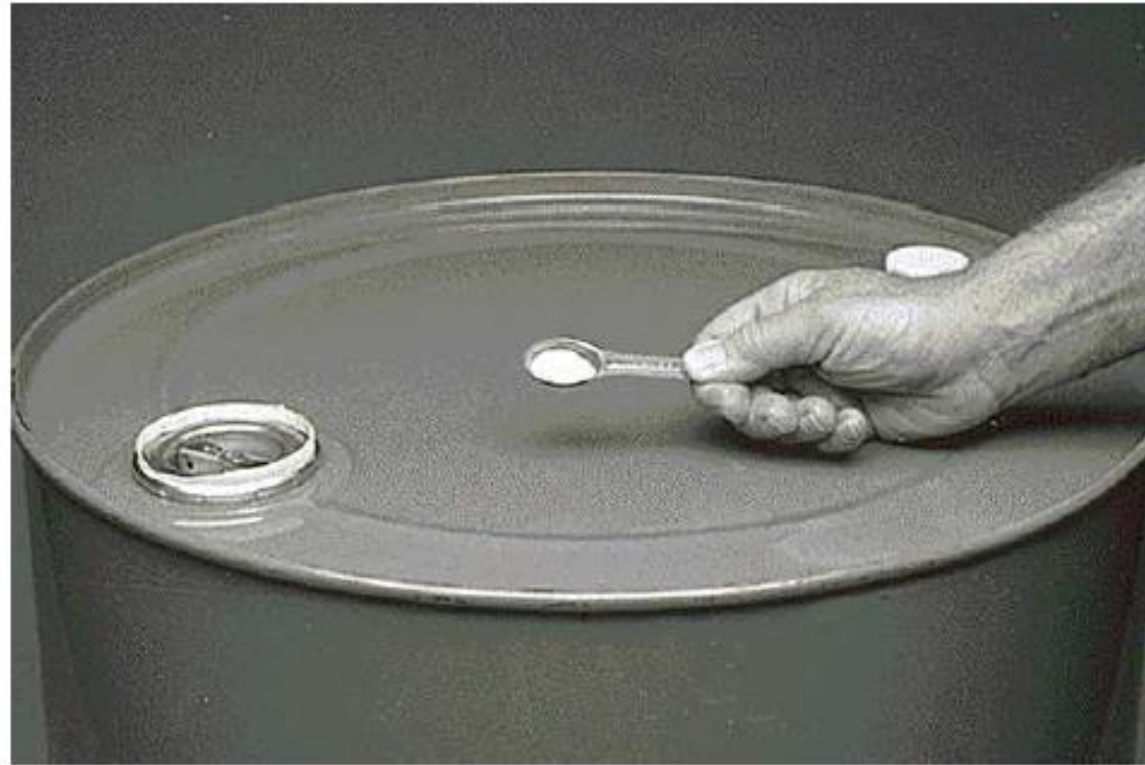
La contaminación del lubricante por partículas acelera el desgaste de los componentes de los sistemas hidráulicos, cajas de engranajes, motores, rodamientos, entre otros, pudiendo generar fallas prematuras.

**Según estudios, el 75% de las fallas en equipos industriales están vinculadas a la contaminación del lubricante.**

# Efectos de los problemas de lubricación



Según Caterpillar: Media cucharadita de polvo basta para contaminar un tambor de 205 litros, de tal forma que puede arruinar un motor en pocas horas de uso.





# COMO CONTROLAMOS LA CONTAMINACIÓN?

ALMACENAMIENTO



MANIPULEO



APLICACIÓN



# ALMACENAMIENTO



Deben complementarse con procedimientos y educación.



# ALMACENAMIENTO

Evitar el almacenamiento prolongado.

FIFO: first in, first out (primero en entrar, primero en salir)

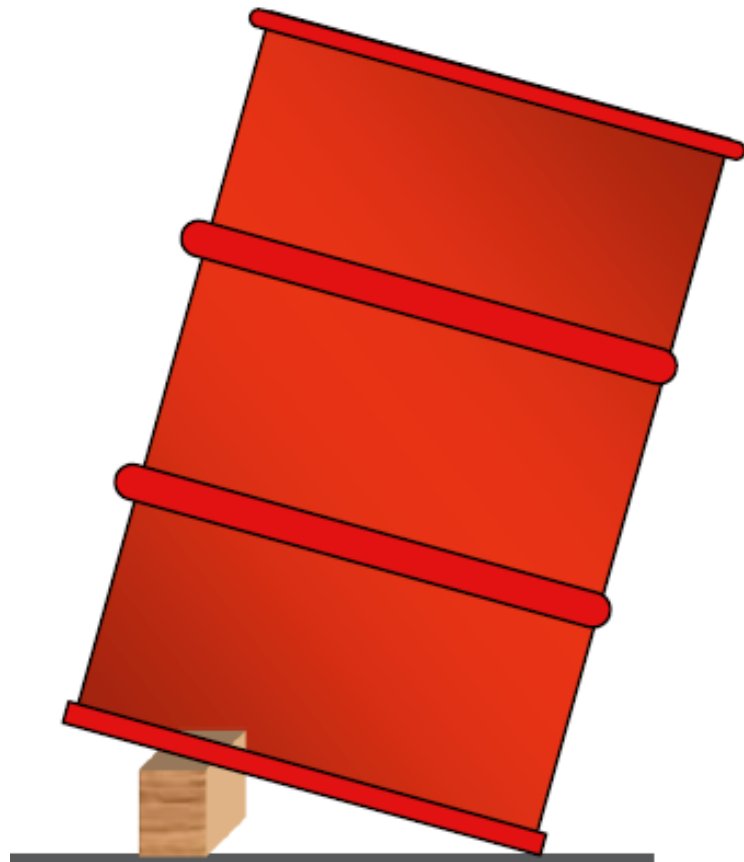


Deben complementarse con procedimientos y educación.



**¿esto está bien?**

# *Almacenamiento a la interperie ...*



**CORRECTO**

ASI EL AGUA QUE HAY  
ALREDEDOR DE LOS TAPONES  
PUEDE ENTRAR AL TAMBOR



**MAL**

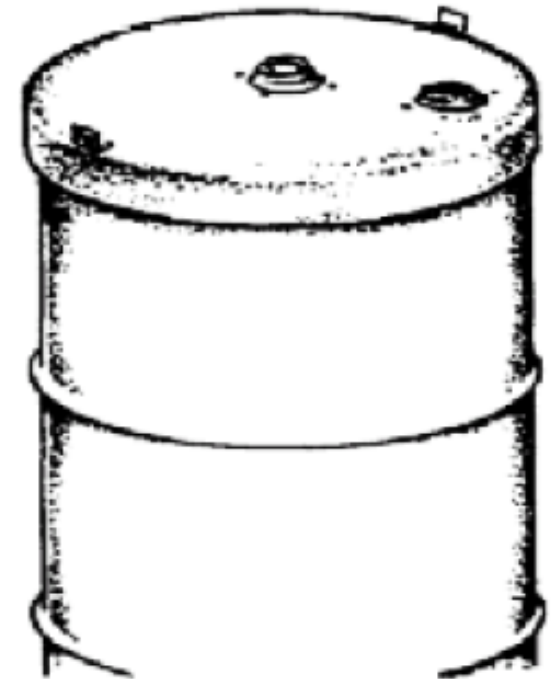
SIN AGUA ALREDEDOR DE LOS  
TAPONES QUE PUEDA ENTRAR AL  
TAMBOR



**BIEN**

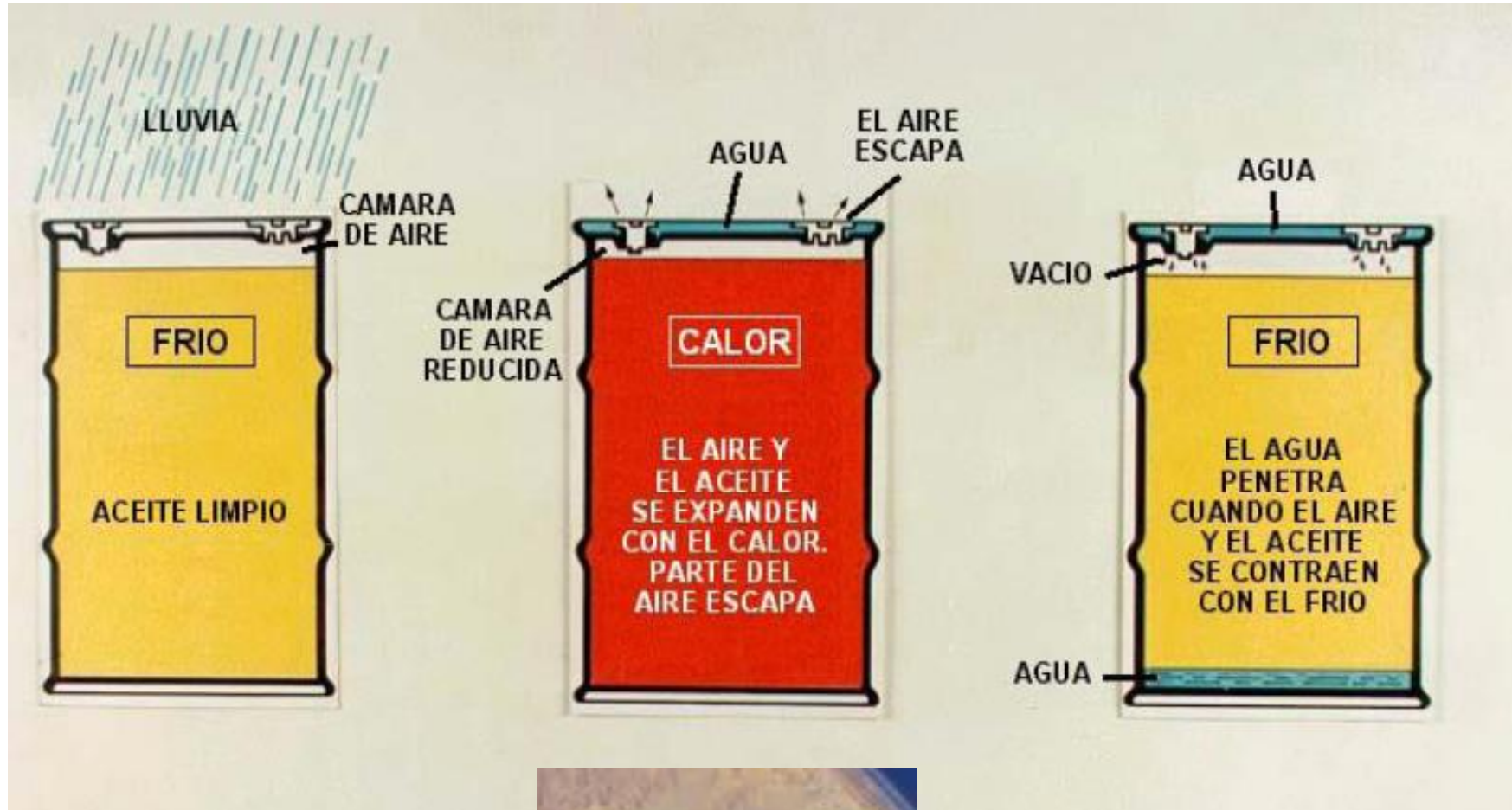
**ALTERNATIVA PARA  
CONSIDERAR**

**Tapa Plástica del Tambor**





# Proceso de “respiración” del tambor



● En su dilatación, el aceite de un tambor desplaza 2,5 litros cuando cambia la temperatura en 20°C

● Es muy crítico en zonas con nieve. La fuerte contracción y dilatación suele provocar ruidos



Todo lo que se necesita es organizar un poco.



- Cada tipo de aceite debe tener su propia bomba de extracción



# ALMACENAMIENTO

- No dejar envases destapados
- No deben exponerse a altas o bajas temperaturas.
- Mantener limpieza

**Identificación y orden  
de cada tipo de  
lubricante**





# MANIPULEO



- Minimizar el contacto del lubricante con el exterior
- Utilizando herramientas adecuadas
- Identificarlas correctamente

# MANIPULEO



- No permita que golpeen los tambores en el suelo
- La vieja práctica de amortiguar la caída con neumáticos viejos debe ser considerada como un recurso extremo
- Hay equipamiento muy moderno y seguro disponible en la Industria

**NO rodar más de 20 m  
porque se dañan los  
anillos de refuerzo**



**Lo preferente:**





# APLICACIÓN



El método de aplicación debe impedir la contaminación del lubricante al ser aplicado.

# Trasvase al equipo

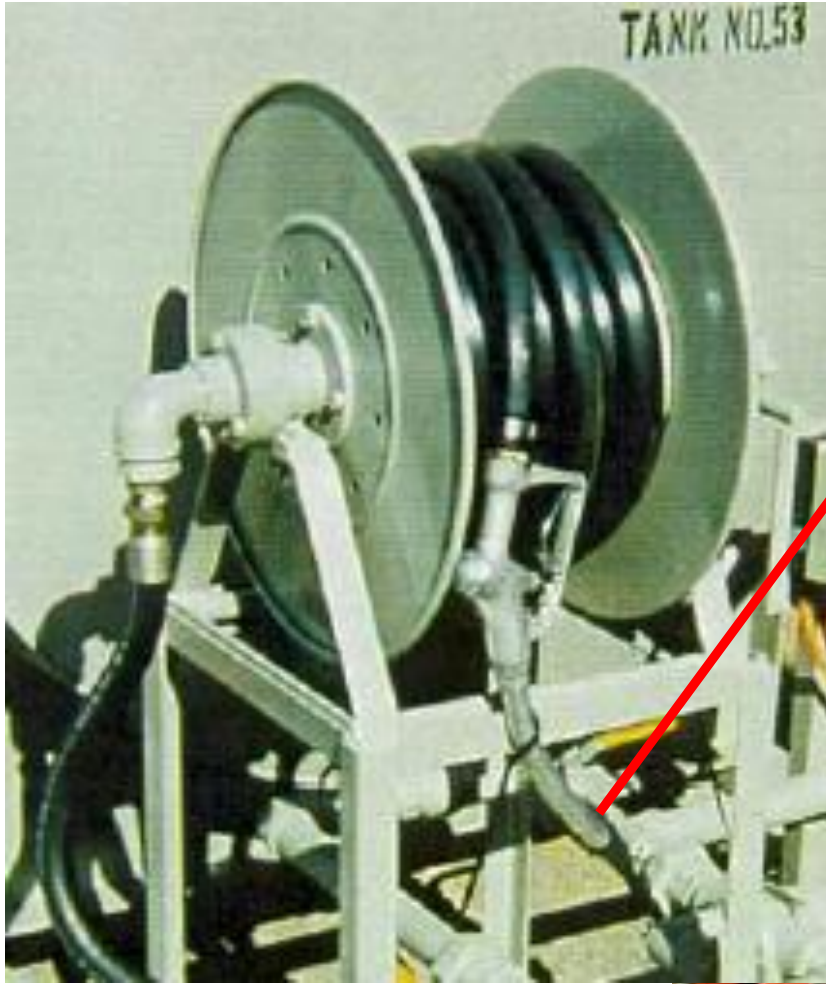
- Cada tipo de aceite debe ir con su propio recipiente para llegar al equipo
- Preferiblemente se deben identificar con colores
- Hay que mantener la limpieza de los envases











**Proteger los picos  
mientras no se usan**





# Tapones para Engrase

- La colocación de Tapones sobre los alemites minimiza la contaminación
- Se pueden codificar por color para de esa manera identificar con el tipo de grasas



Capuchón/Tapón

