

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

Tribología

Ciencia que estudia la **FRICCIÓN, LUBRICACIÓN y el DESGASTE**



Multidisciplinaria:

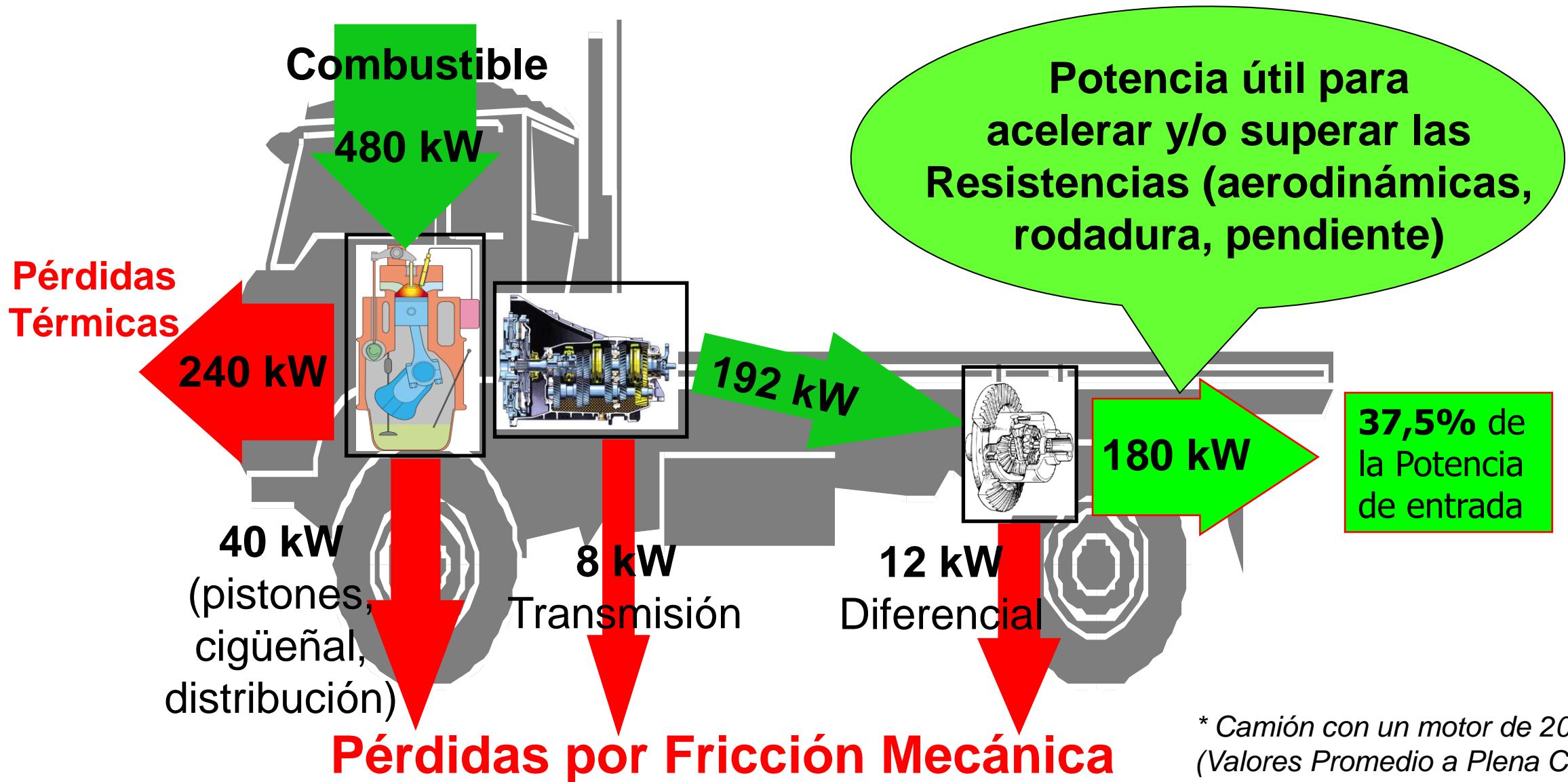
- **Ingeniería Mecánica**
- **Producción**
- **Ciencia e Ingeniería de Materiales**
- **Química e Ingeniería química**
- **Física**
- **Matemáticas**

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

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"



¿Qué es la Fricción?

FUERZA que resiste el movimiento relativo de dos cuerpos en contacto

Efectos:

Induce calor

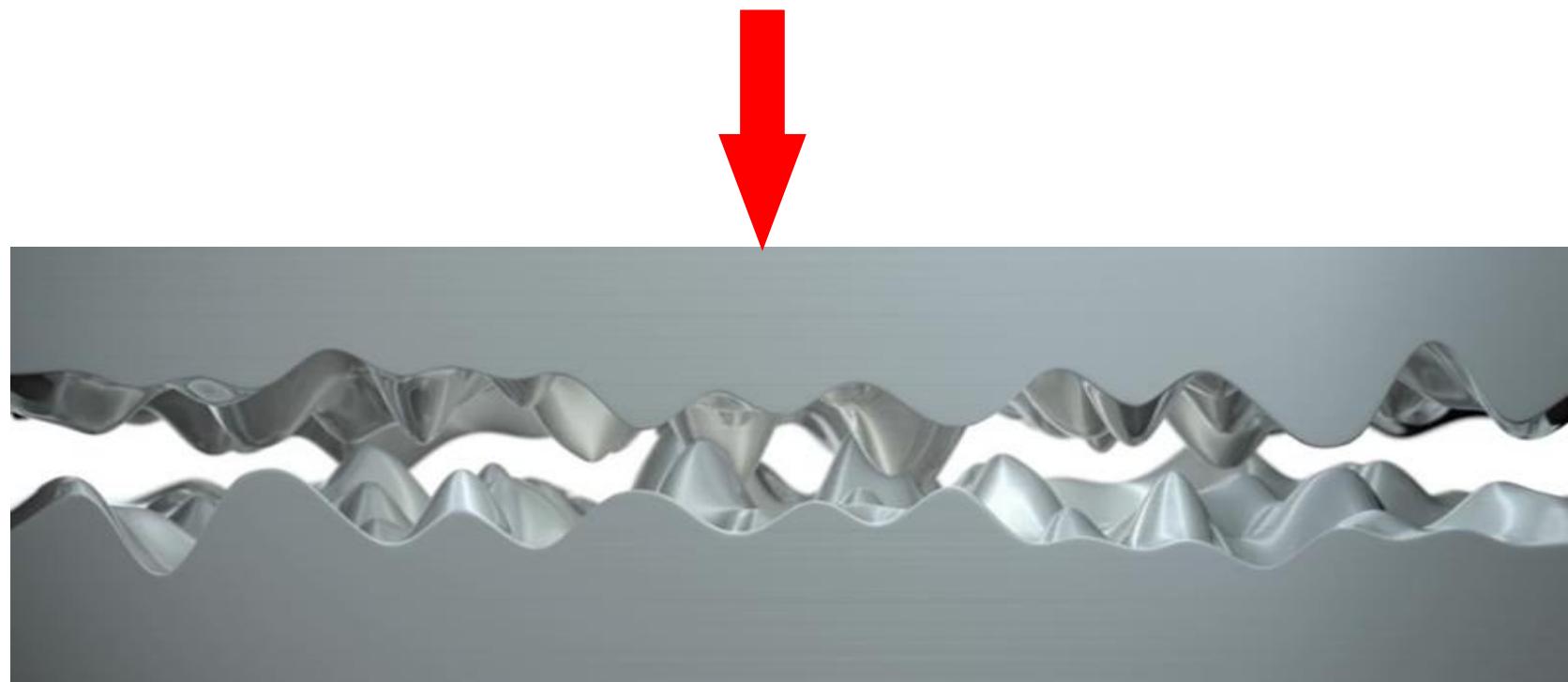
Genera desgaste

Absorbe energía y
requiere mayor
potencia para el
arranque

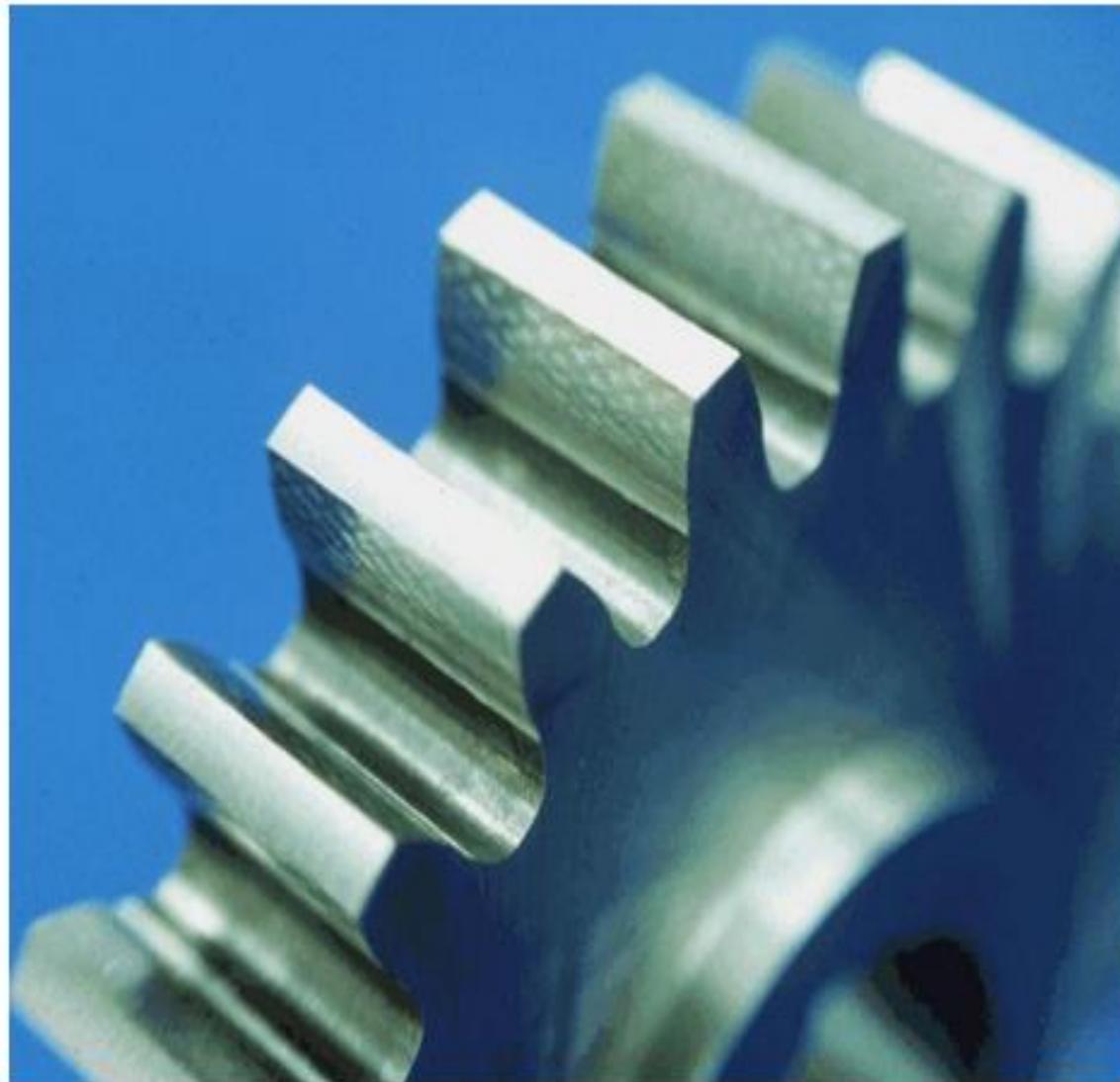
Causa un
movimiento
errático

¿Qué causa la fricción?

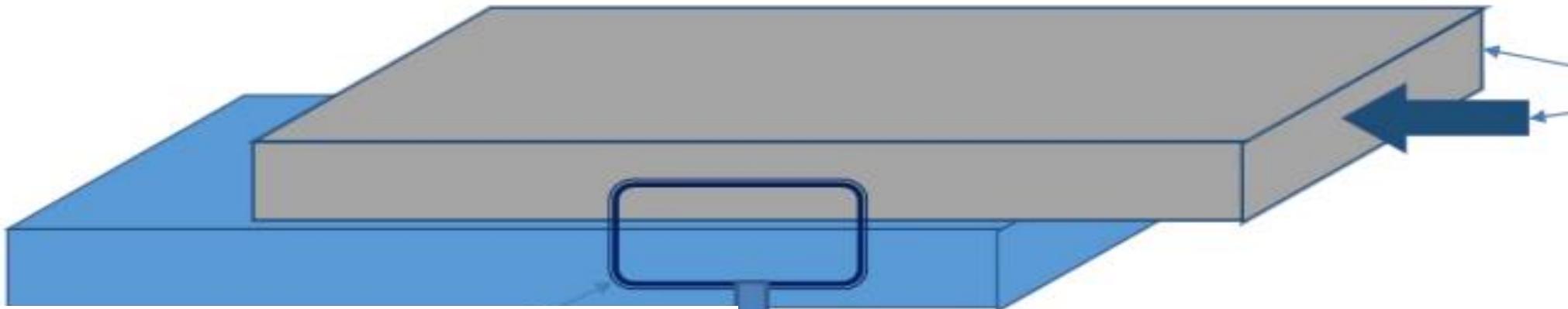
IRREGULARIDADES y la **FUERZA APLICADA**



IRREGULARIDADES



La Fricción

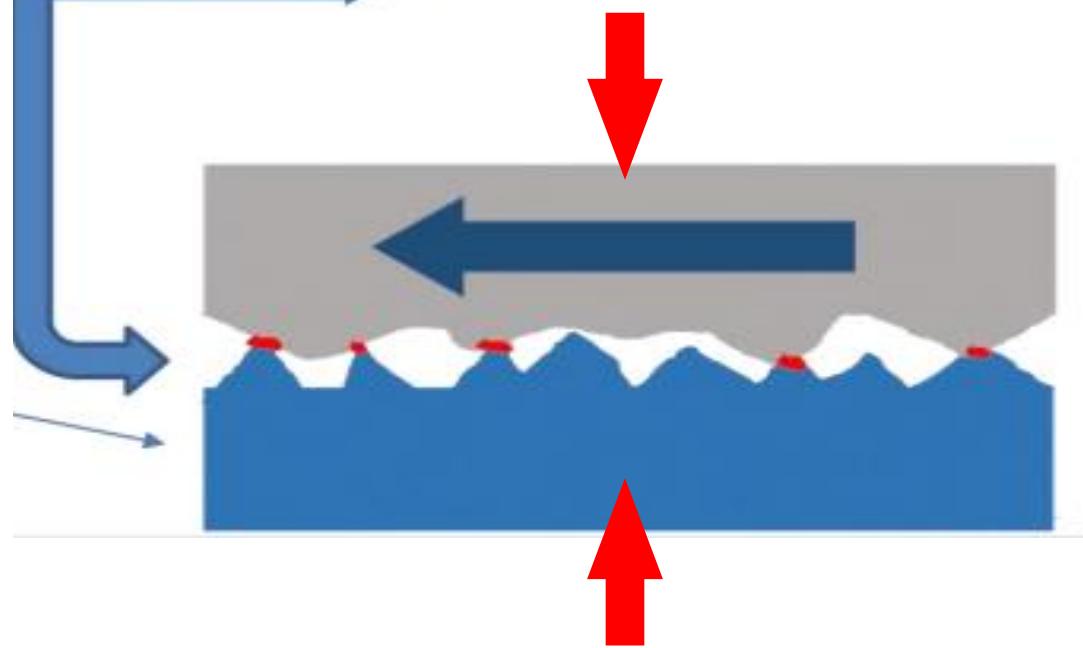


$$F_r = \mu F_n$$

Dónde:

μ : es el coeficiente de fricción que puede variar según el material de contacto

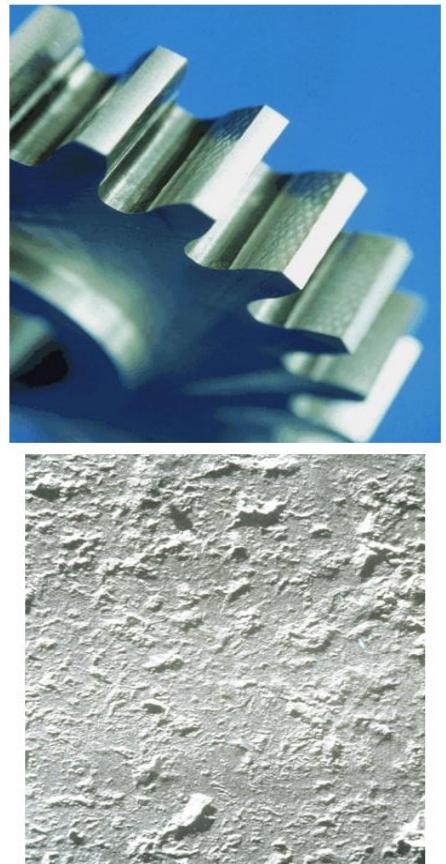
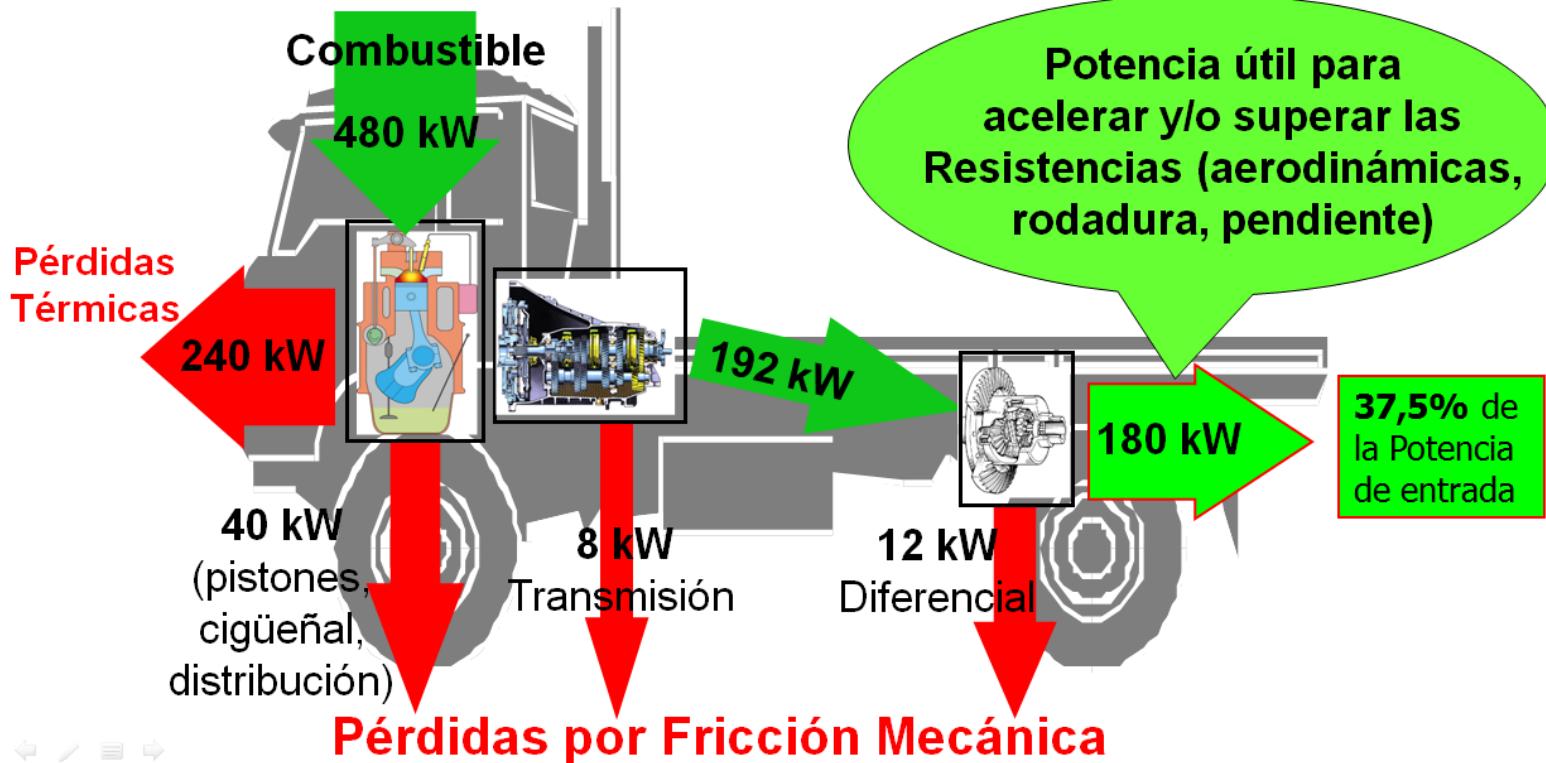
F_n : es la fuerza normal



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

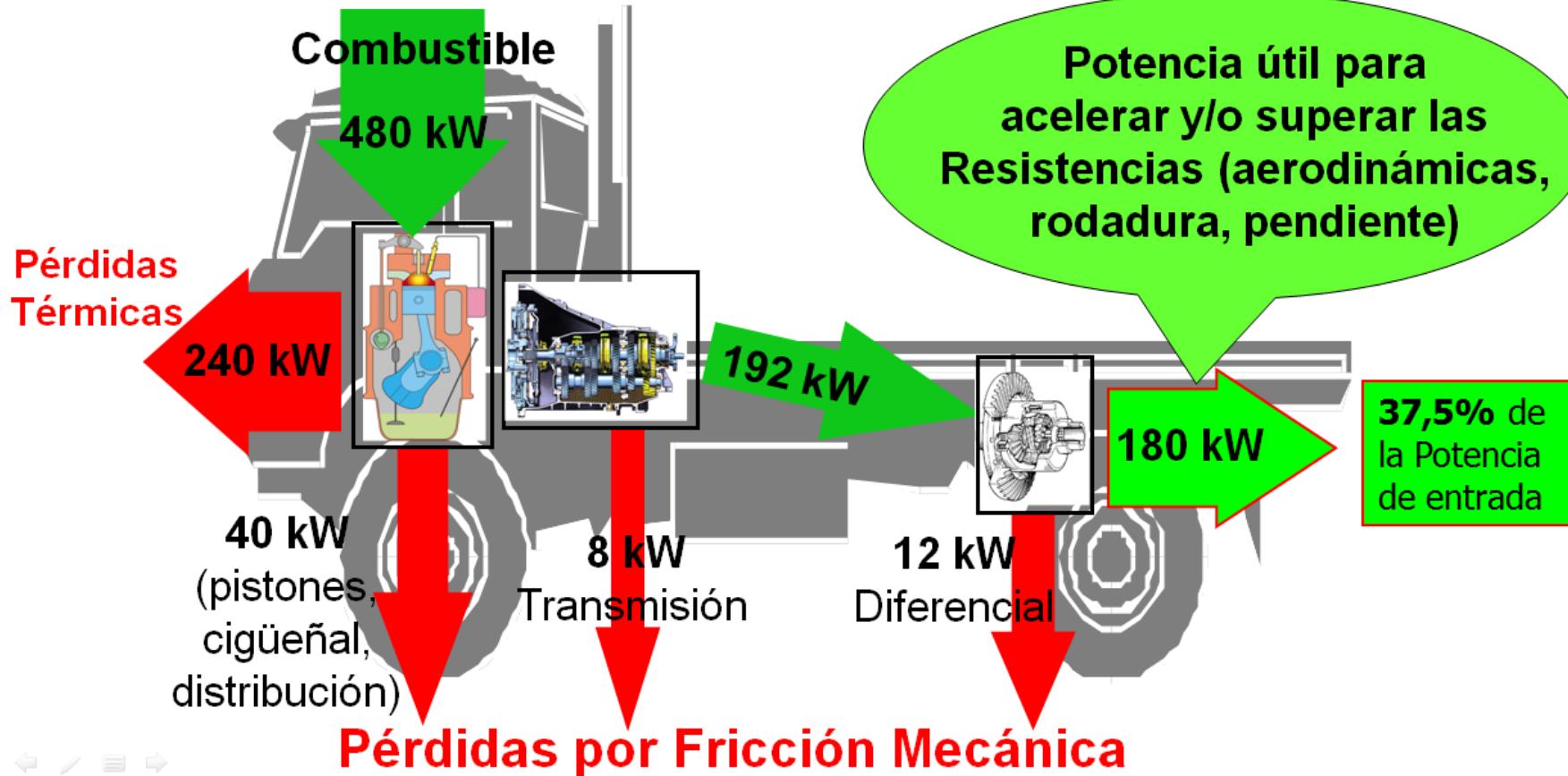
Coeficientes de Rozamiento de algunas superficies en contacto

| Magnitud | μ_e (estático) | μ_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 |



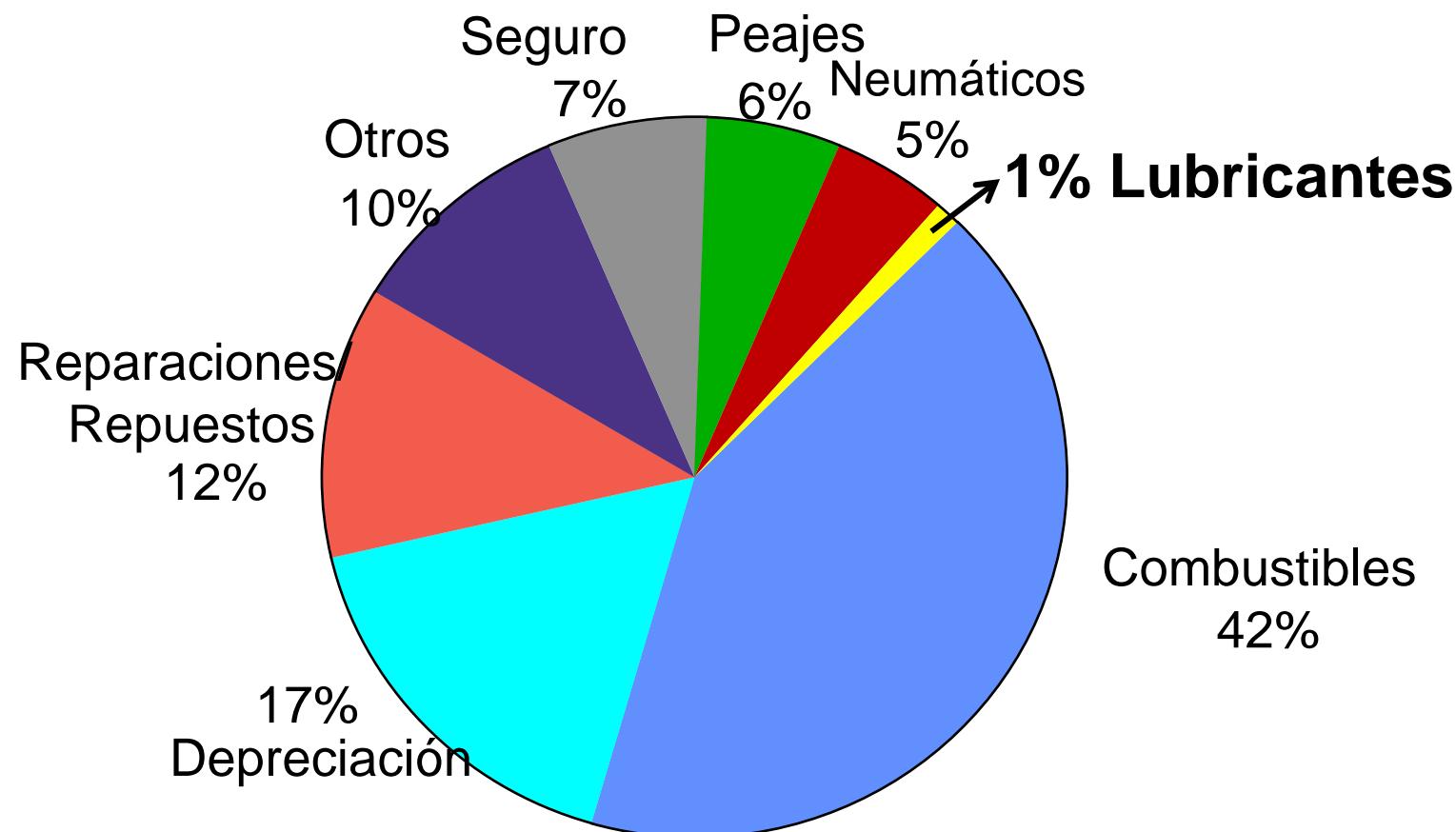
¿Cómo minimizar la fricción?

- mejorando las superficies (ej: rectificado, pulido)
- cambiando de material/es
- 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:

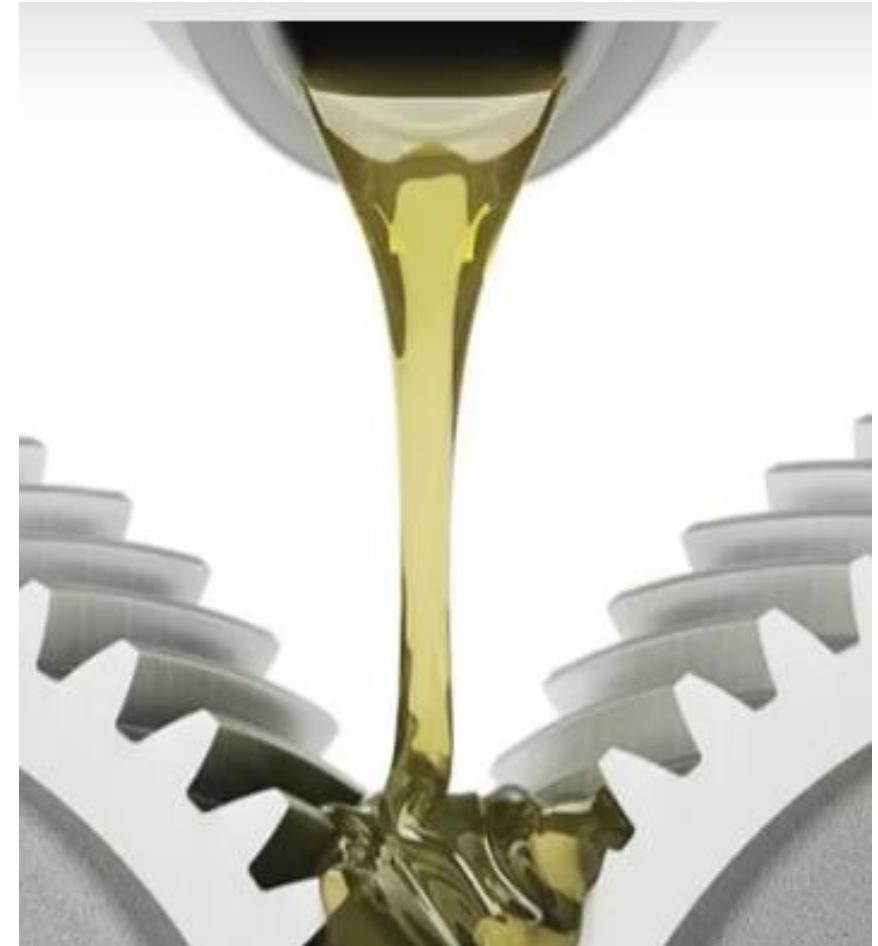
- Mantenimiento preventivo malo
- No se usa el lubricante correcto
- Los consumibles se prolongan más allá de su vida útil

¿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

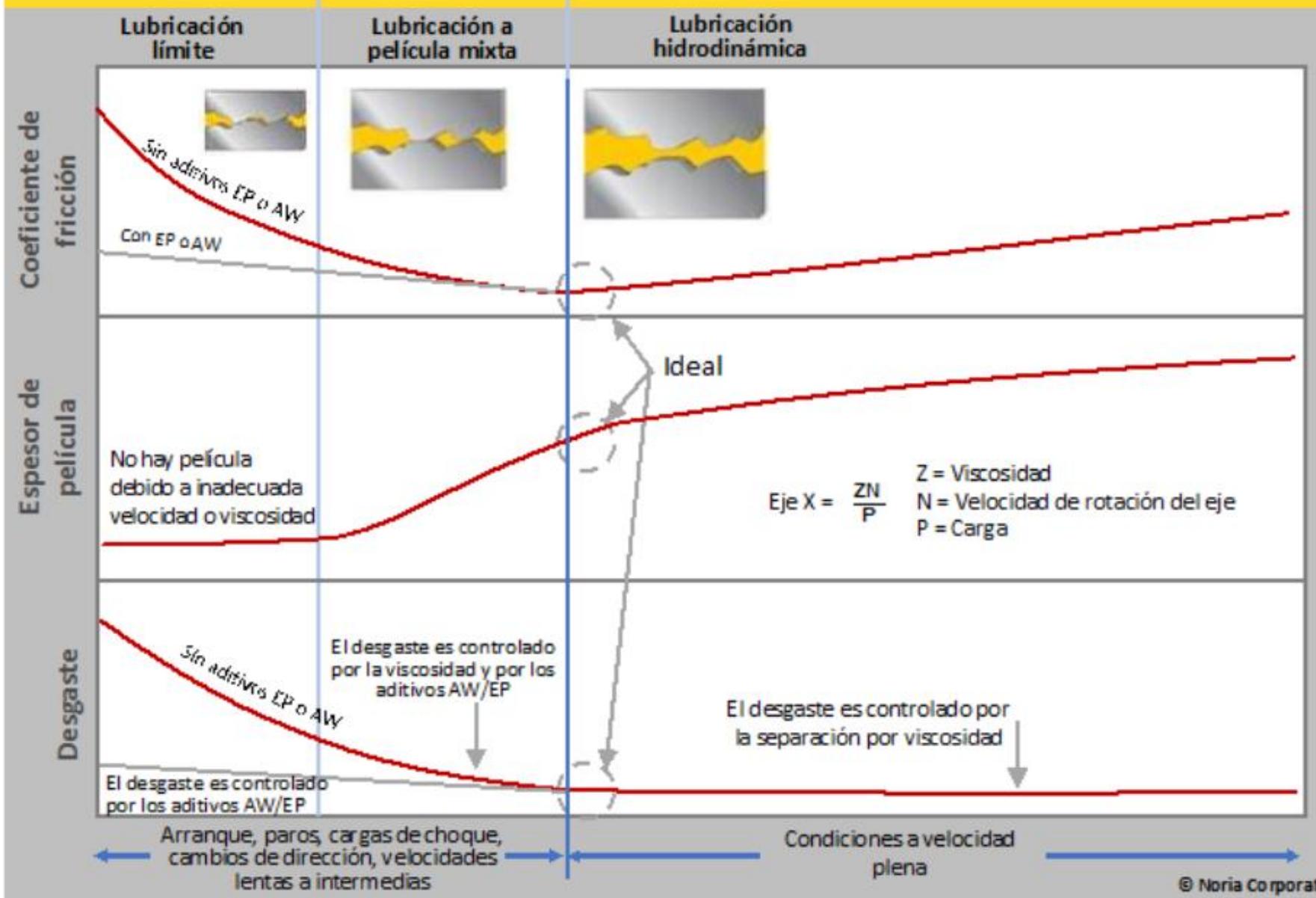


CURVA DE STRIBECK

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:

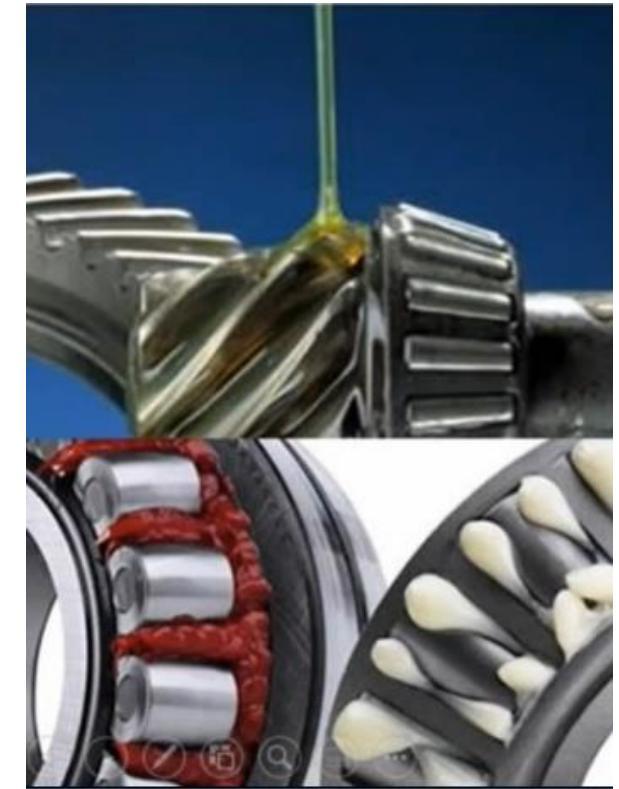
Mantiene las partículas o material oxidado en suspensión.
Controla la corrosión y herrumbre.

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)

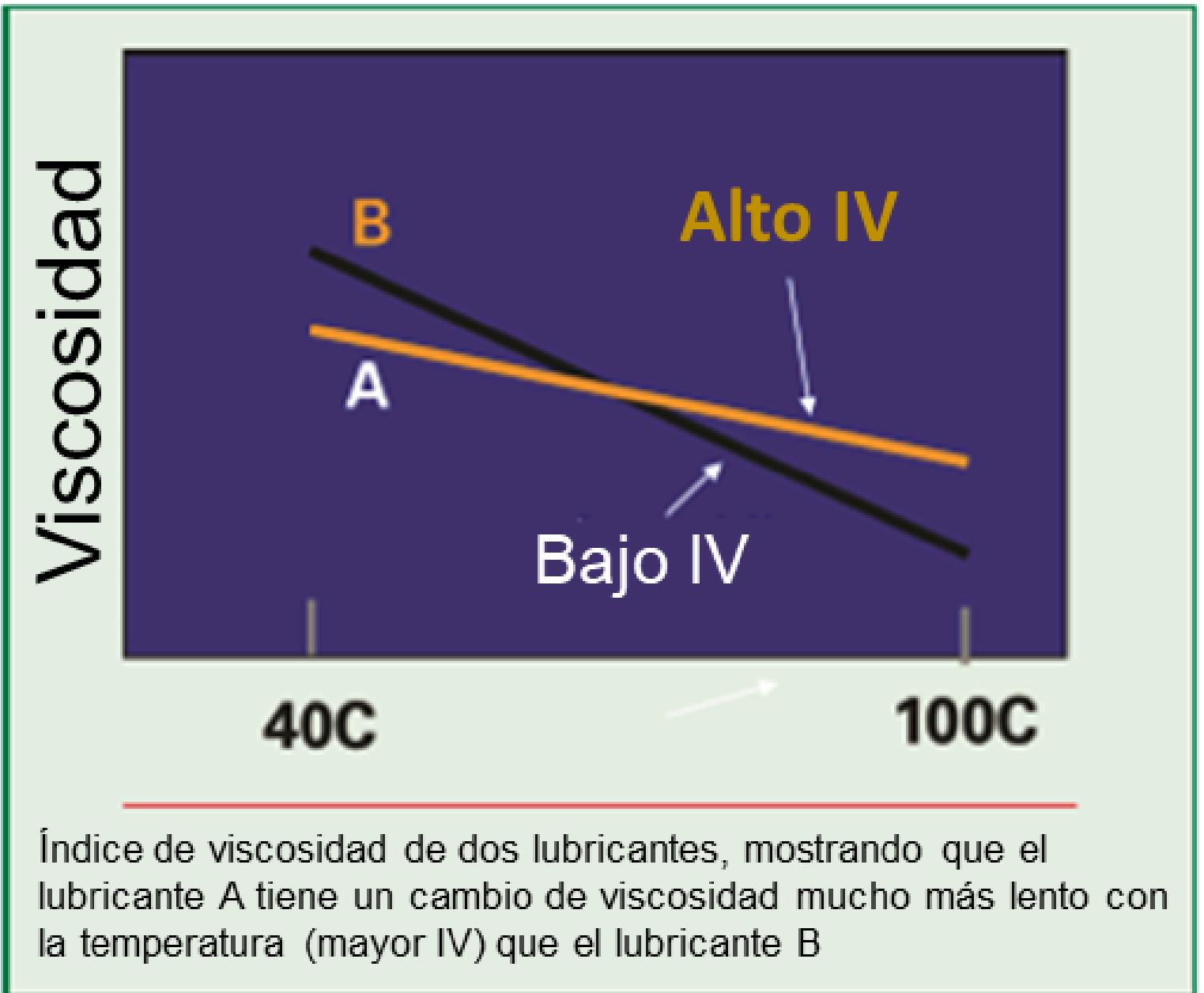
320

<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)



Calcular el indice de viscosidad (IV)

Viscosidad cSt (mm²/s) a 40°C/104°F

cSt

Viscosidad cSt (mm²/s) a 100°C/212°F

°cSt[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 (mm²/s) a 40°C/104°F

cSt

Borrar

Calcular

Viscosidad cSt (mm²/s) a 100°C/212°F

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



Mobil Delvac™ Super 1400 15W-40

Propiedades y especificaciones

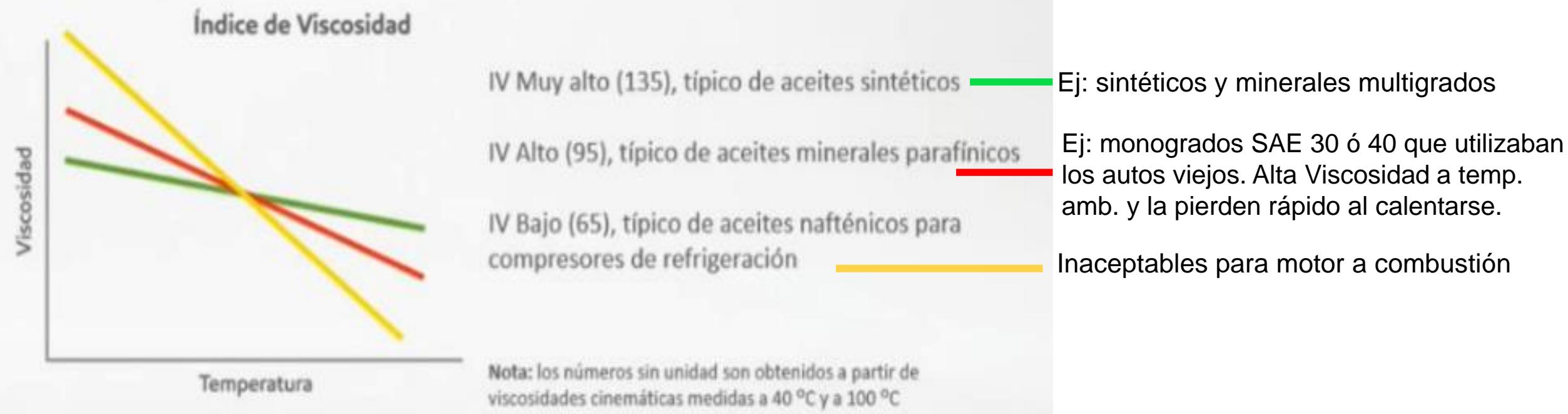
| Propiedad | |
|--|------------|
| Grado | SAE 15W-40 |
| Cenizas, sulfatadas, % masa, ASTM D874 | 1,1 |
| Densidad a 15.6 C, kg/l, ASTM D4052 | 0,88 |
| Punto de inflamación, °C, ASTM D92 | 233 |
| Viscosidad cinemática @ 100 C, mm ² /s, ASTM D445 | 14,5 |
| Viscosidad cinemática @ 40 C, mm ² /s, ASTM 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.

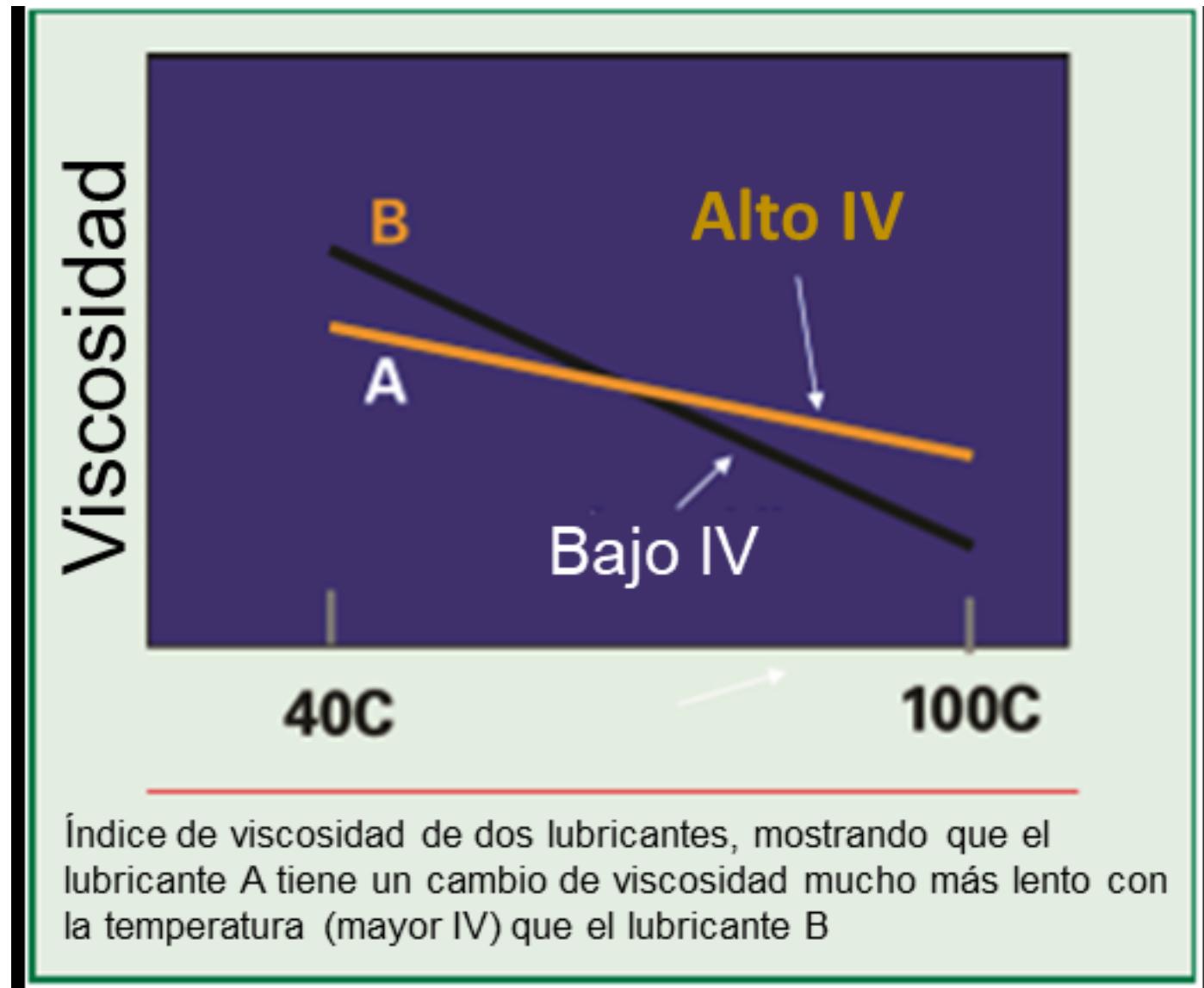
En el gráfico, el gradiente de cada línea es diferente para el mismo rango de temperaturas, dependiendo de la viscosidad: el IV mas bajo tiene el gradiente mas grande, mientras el IV más alto tiene el menor gradiente.



INDICE DE VISCOSIDAD

Alto IV = beneficio de rendimiento

Resultado de aceites base y aditivos de 1^a calidad



Mobil™ 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, mm ² /s, ASTM D445 | 14,5 |
| Viscosidad cinemática @ 40 C, mm ² /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, mm ² /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)

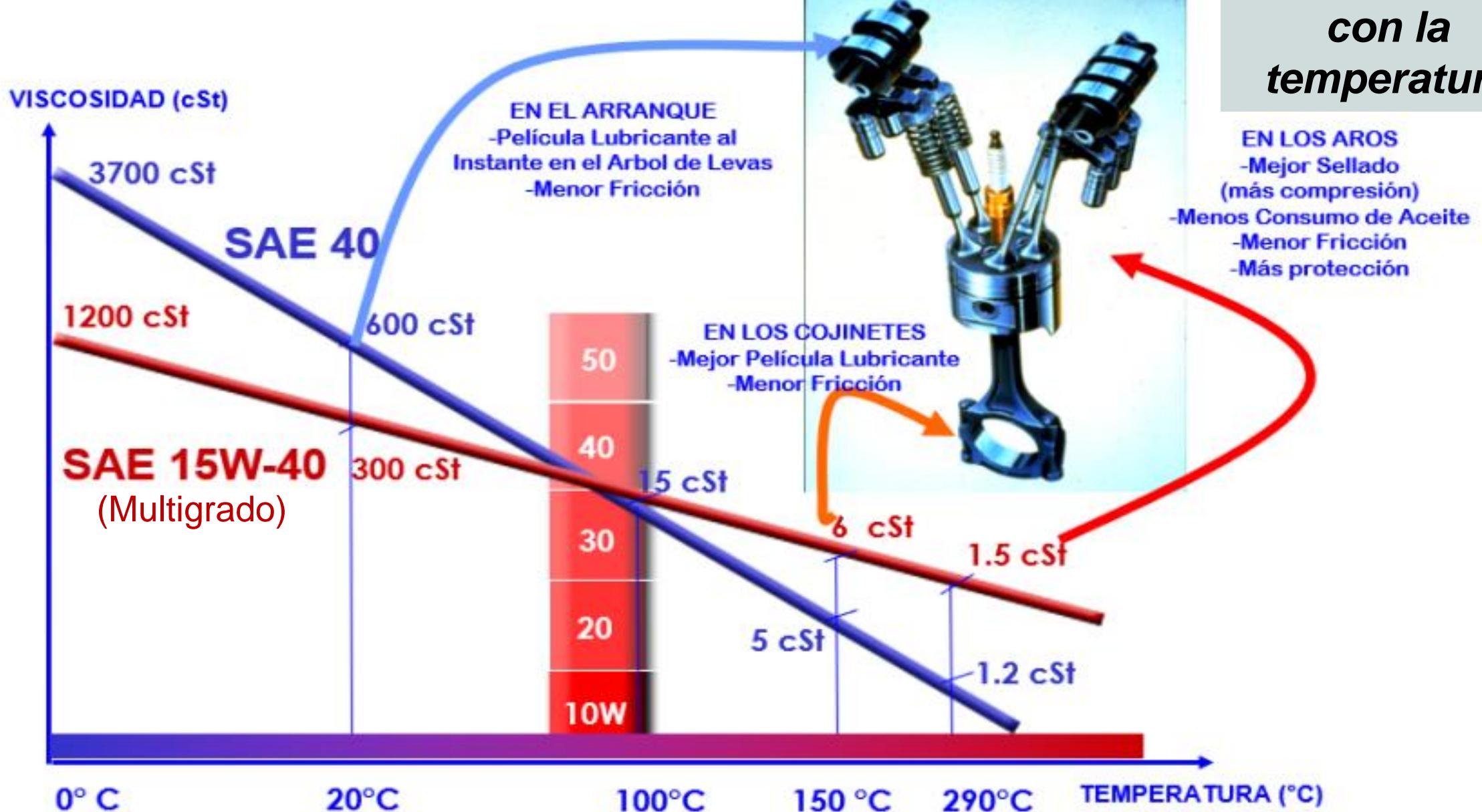
SAE 15W-40 (multigrado)

**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



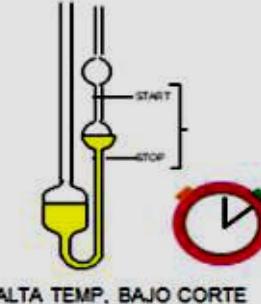
COLD CRANKING SIMULATOR
SIMULADOR DE ARRANQUE EN FRÍO



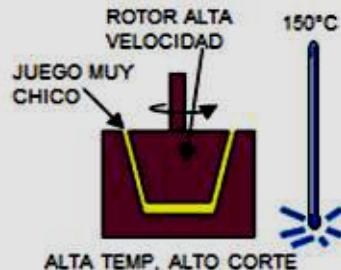
MINI VISCOSIMETRO ROTATORIO



VISCOSIDAD CINEMATICA



VISCOSIDAD HTHS



| 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 ⁶ s ⁻¹ (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 como un 15W en bajas temperaturas

y como 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 (MM ² /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 perdidas 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

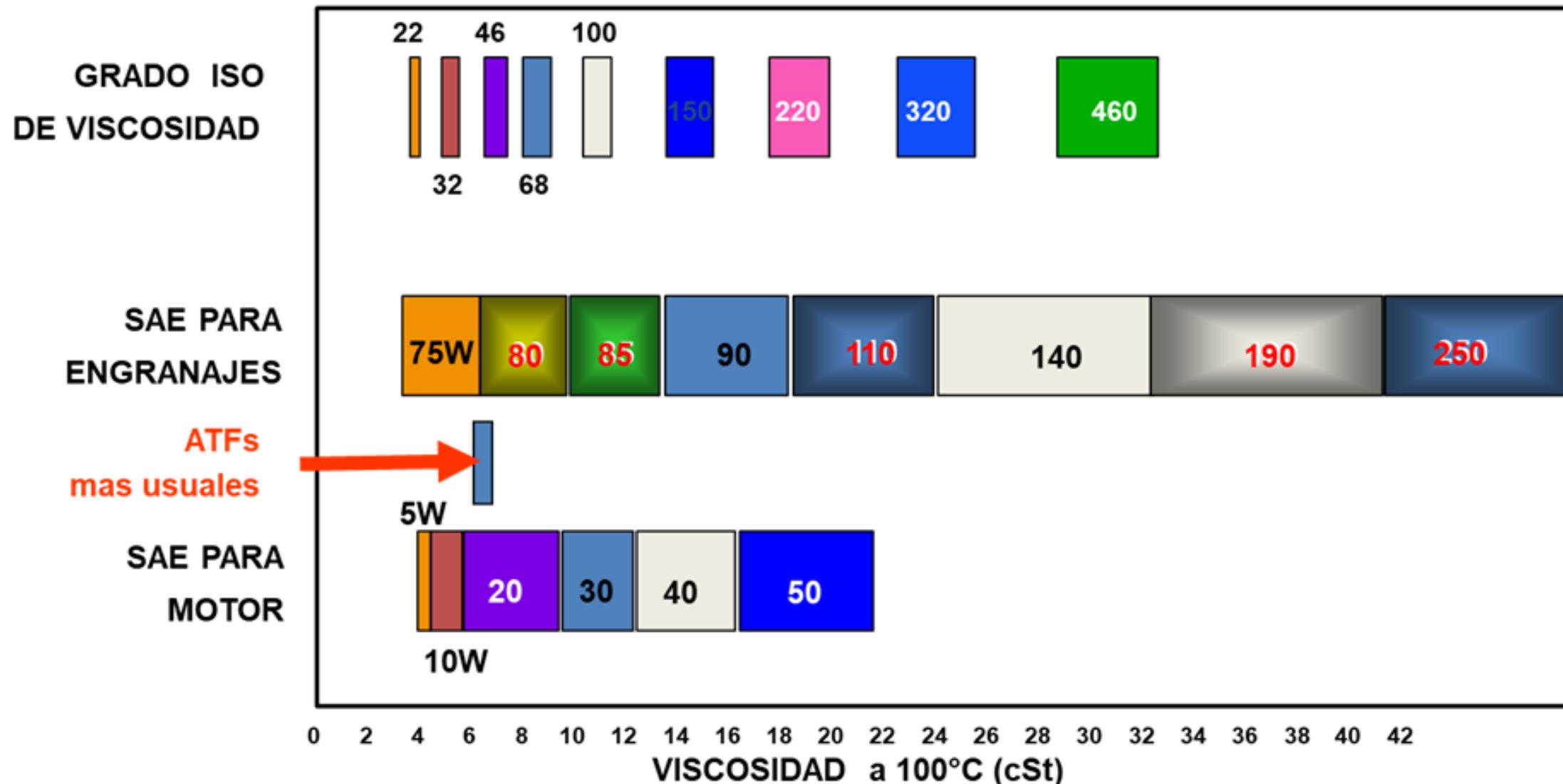
Los aceites de motor emulsionan o combinan con agua que ha contaminado el sistema y **pueden proporcionar cierta protección contra la oxidación** en sistemas húmedos sin drenar.

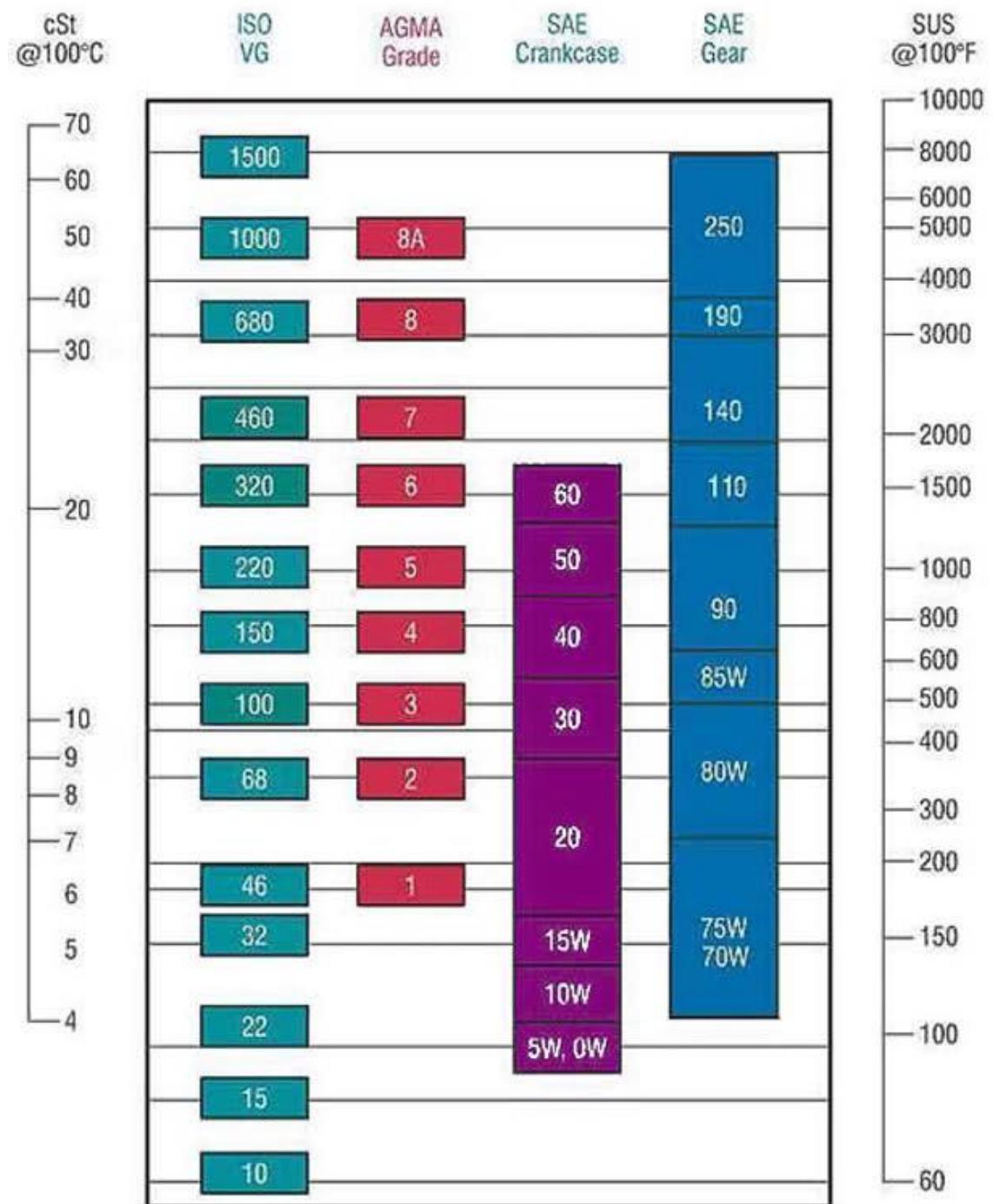
Pero, **los aditivos antidesgaste en el aceite de motor generalmente NO son hidrolíticamente estables cuando se exponen al agua**. Esto puede causar pérdida de aditivos en el aceite de motor húmedo que puede resultar en un **aumento de viscosidad, problemas de bombeo y poca protección contra el desgaste**.

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 relación 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)





Base Lubricantes:
70% - 99.99%

Aditivos:
0.01% - 30%



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**

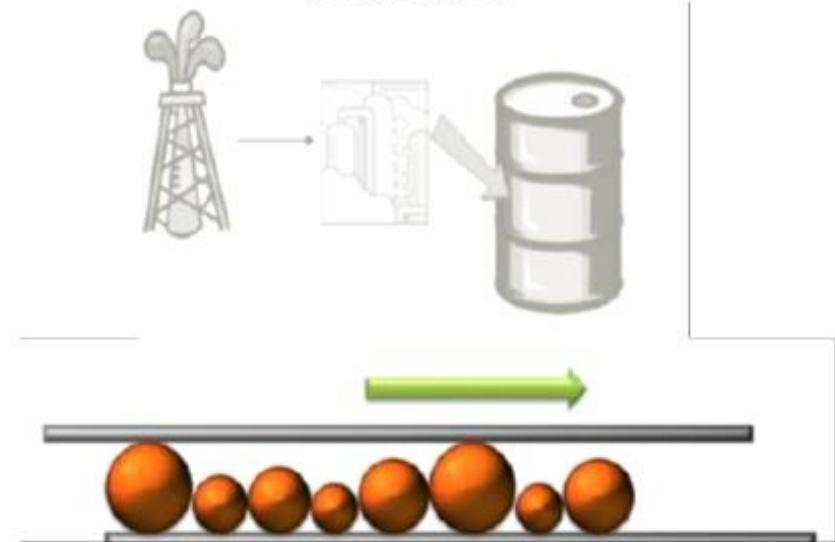
**El resto está compuesto por
ADITIVOS**

(menos del 30% del lubricante)

Aceites minerales vs sintéticos

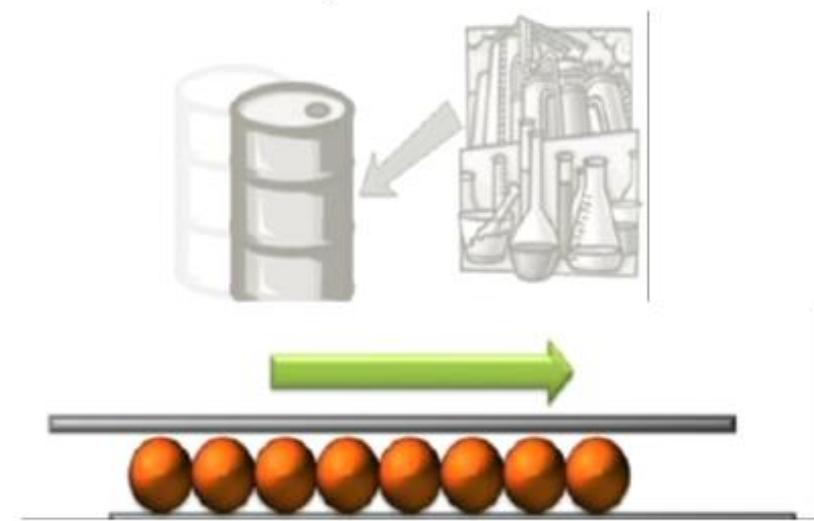
Base mineral

Destilado a partir del petróleo crudo en una refinería.



Base sintético

Diseñado químicamente en una planta química.



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

- 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:

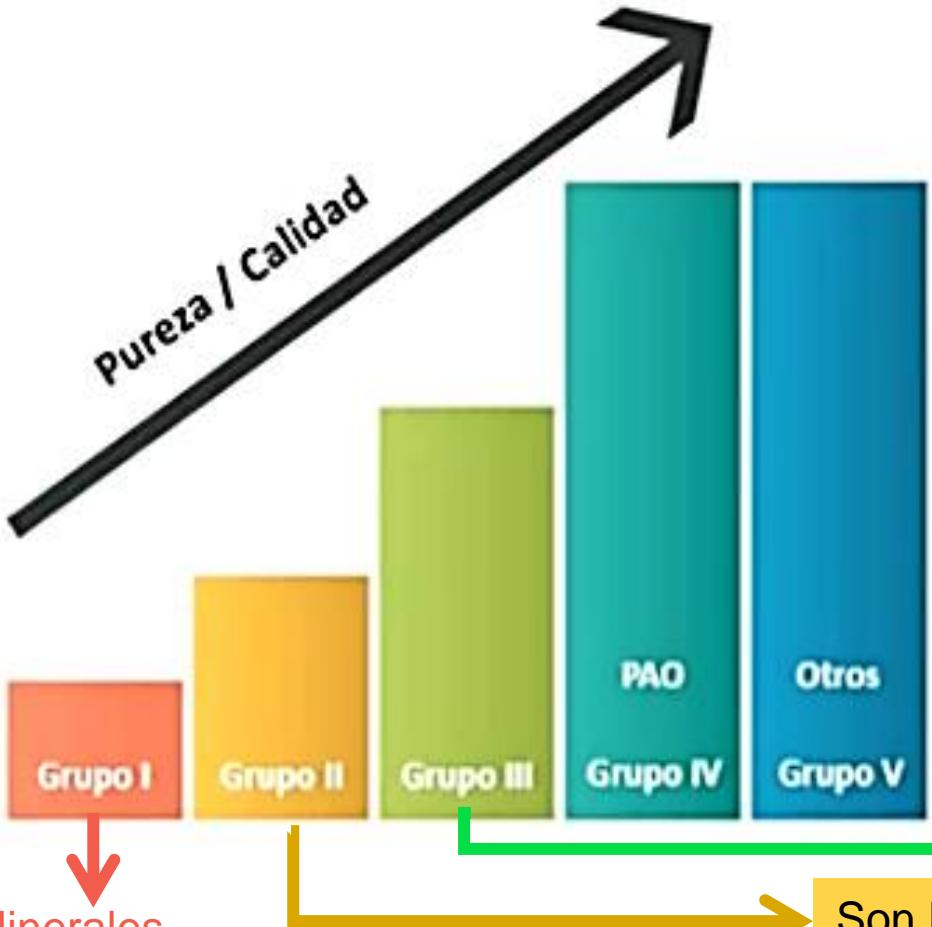
- **TIPO** de **PETRÓLEO**
- **TECNOLOGÍA** de la **REFINERÍA**
- **PROCESOS** utilizados en el **REFINADO**



| 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 (*) | | |

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

CLASIFICACIÓN DE BASES SEGÚN API



| 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

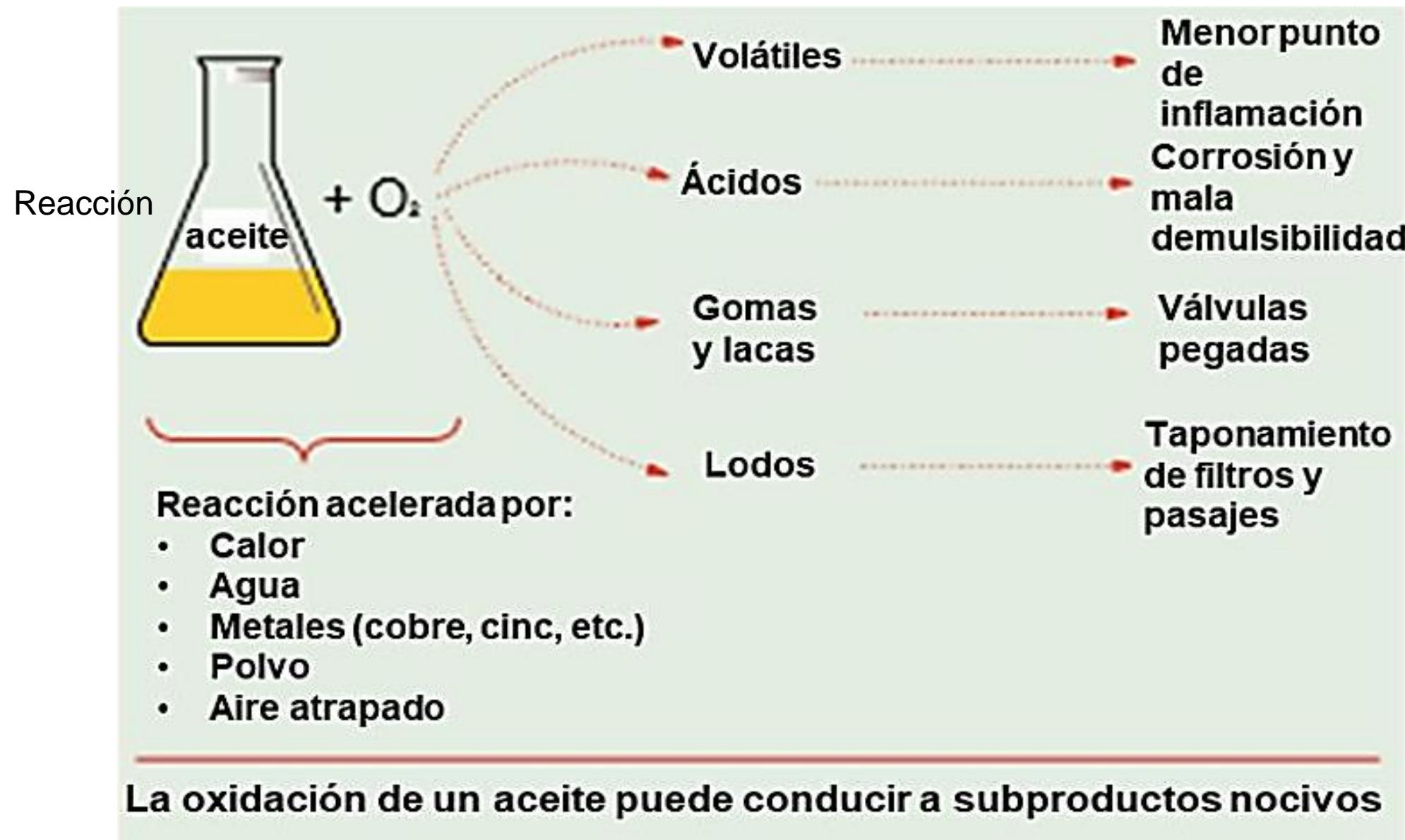
Grupo III es “comercialmente considerado Sintético” dado su alto grado de Refinación, Rendimiento, Estabilidad, Fluidez a baja temp., Resistencia a la Oxidación, e Índice de Viscosidad casi al nivel de las bases Sintéticas.

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:



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

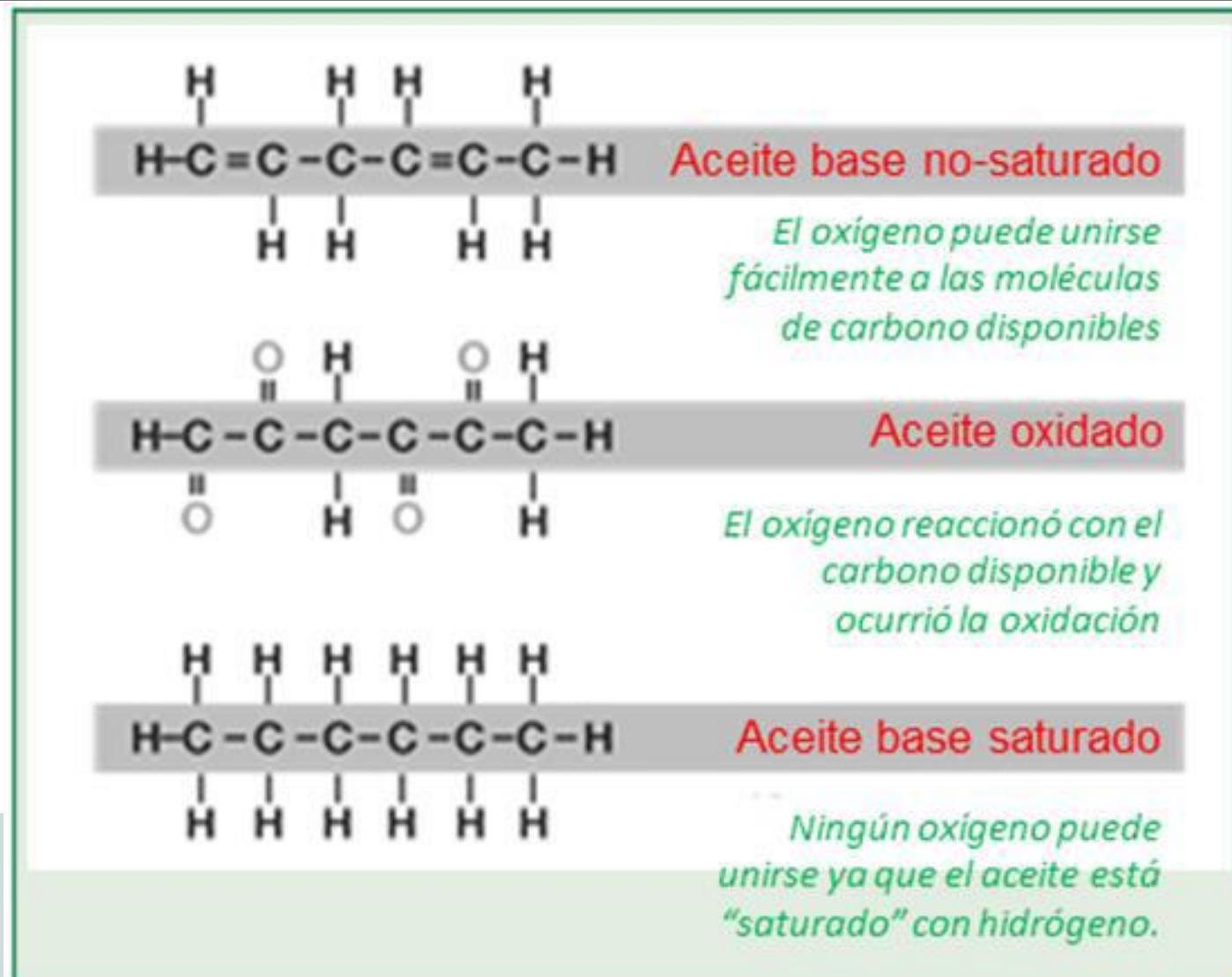
Un aceite oxidado:

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

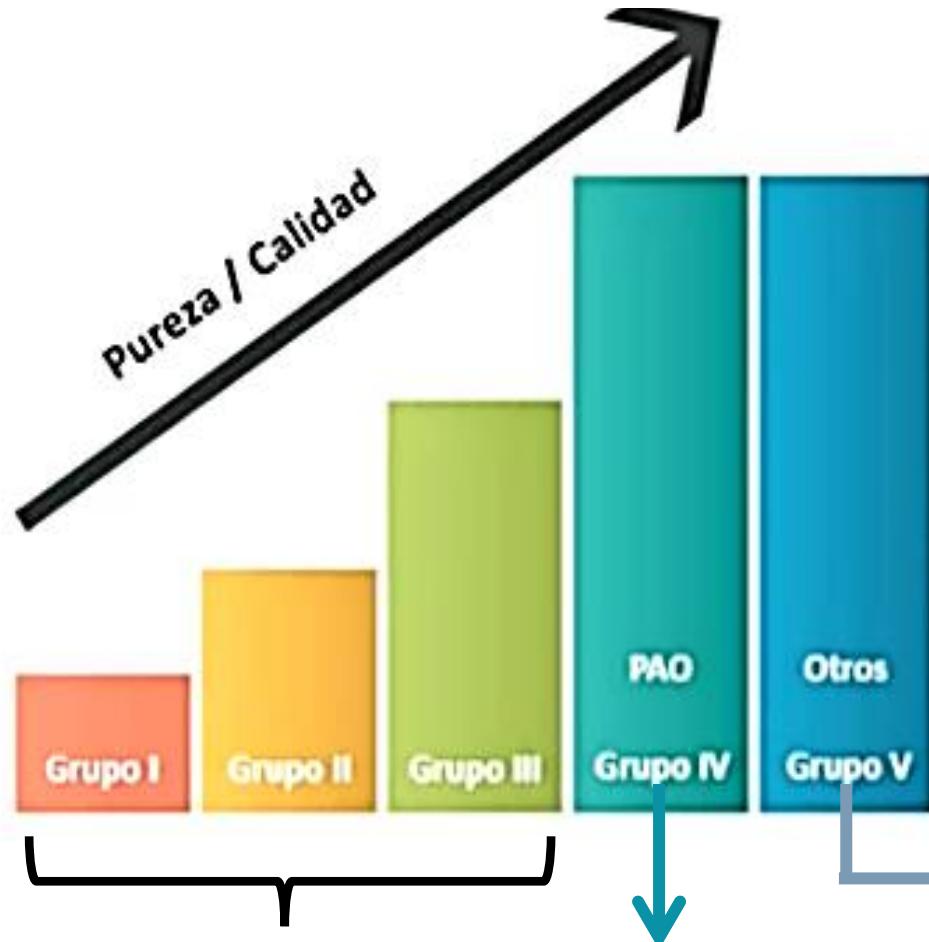
El buen rendimiento a la oxidación en un aceite base se relaciona directamente con la "saturación" del aceite base.

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 | 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 (*) | | |

Aceites Minerales, aunque el Grupo III es “comercialmente considerado Sintético”

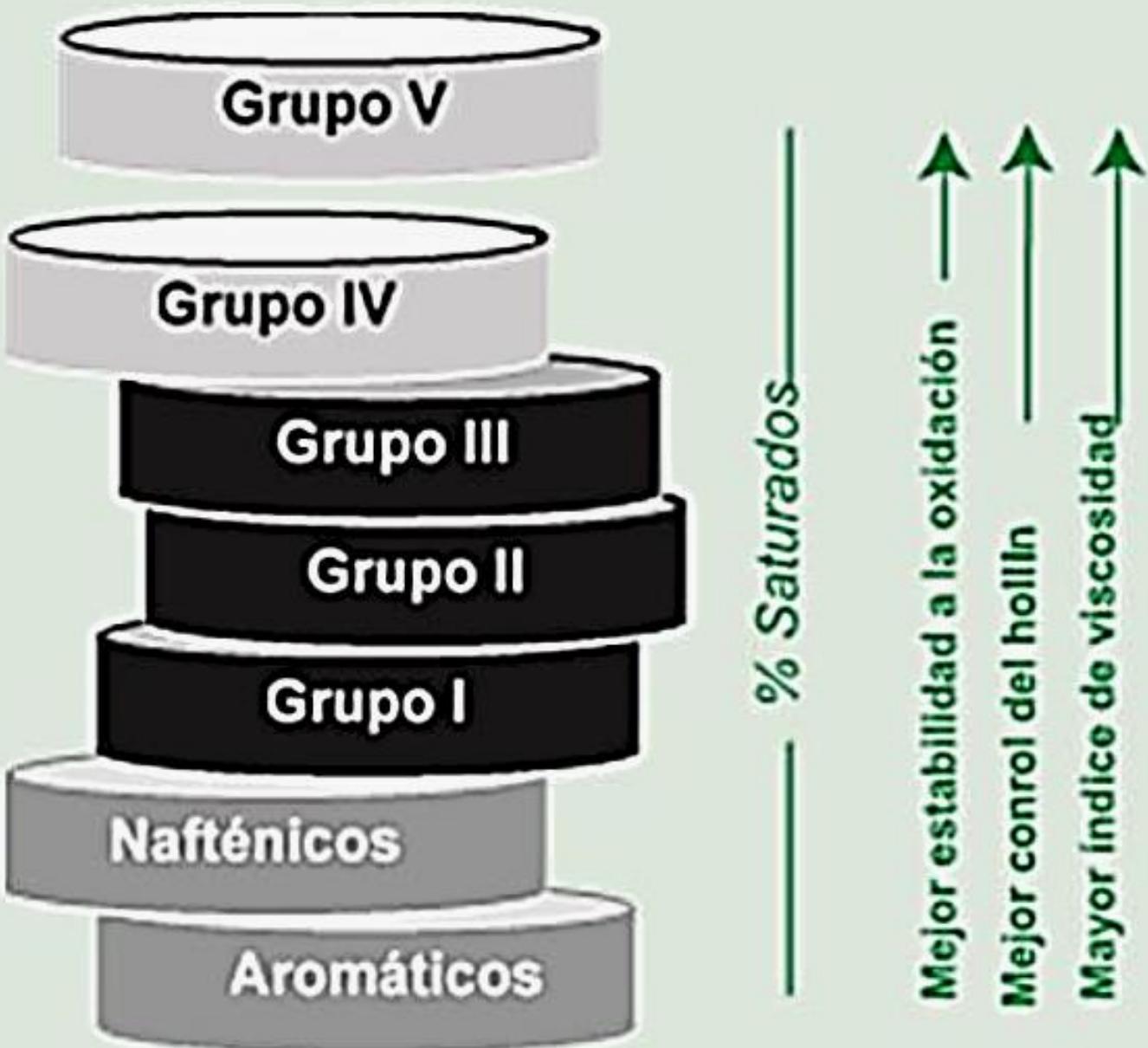
- Composición **basadas en PAO** (Poli-alfa-olefina)
- **Moléculas diseñadas** y producidas a partir de reacciones químicas. **Excepcional Fluidez a bajas temp.**
- Son las **bases más utilizadas** en lubricantes **sintéticos de altísimo desempeño**

• Bases que no están en los otros grupos. No hay una regla. Pueden ser **Minerales**, como las bases nafténicas (uso: compresores de refrigeración)

• O pueden ser **Sintéticas** como los ésteres (de elevadísimo desempeño) usados en motos de competición.

| 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> | Motores viejos |
| 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> | Motores más modernos |

| Grupo | Características | Aplicaciones |
|-------|--|---|
| III | <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> | Alto Desempeño |
| IV | <p>Las PAO consisten en todas las estructuras de hidrocarburos saturados.</p> <p>No contienen Azufre ni otros metales indeseados.</p> <p>Libres de cera, puntos de fluidez muy bajos y tienen un IV típicamente de 140.</p> <p>Buena estabilidad térmica, pero a veces son difíciles de mezclar con aditivos.</p> <p>Alto precio</p> | <p>Alto desempeño.</p> <p>Larga duración.</p> <p>Para equipos de alta severidad</p> |



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

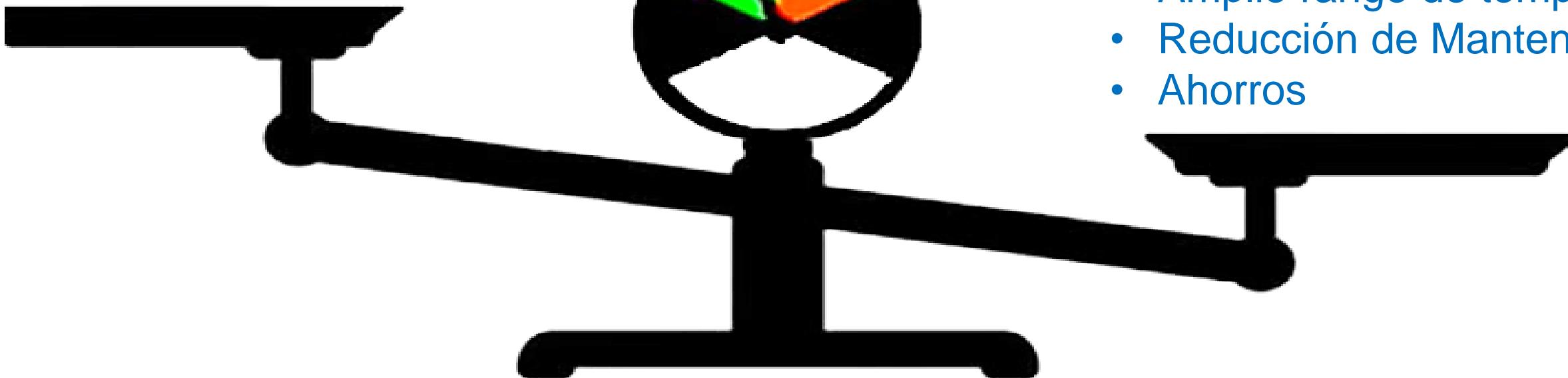
Mineral a Sintético (ISO VG 68)

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%

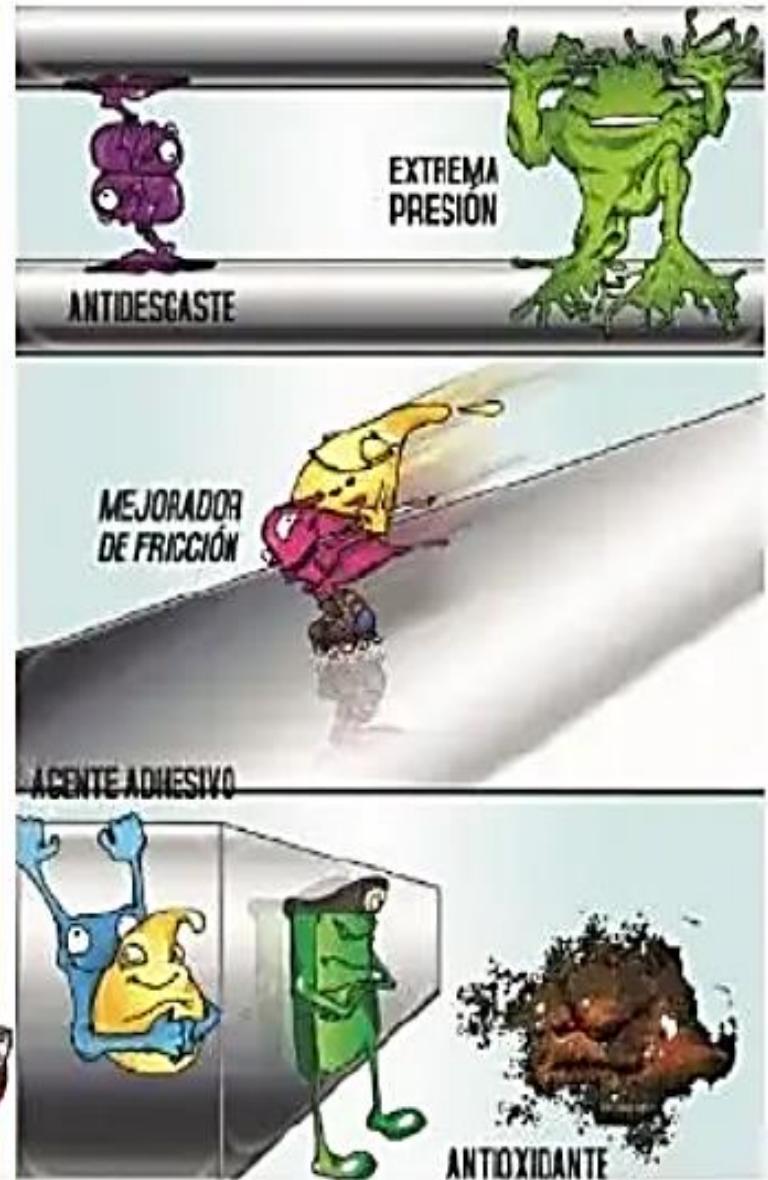
Aditivos:
0.01% - 30%



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

Clasificación de los aditivos:

Activos
en el
Lubricante



Activos
en la
Maquinaria

DEMULSIFICANTE:

PARA EL AGUA



**MEJORADOR DE
ÍNDICE DE VISCOSIDAD**



**DISPERSANTE:
ATRAPA PARTÍCULAS
DE HOLLÓN**

**DETERGENTE:
EVITA QUE SE
PEGUEN LOS
DÉPÓSITOS**



ANTIESPUMA



**EXTREMA
PRESIÓN**



ANTIDESGASTE



**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

Base Lubricantes:
70% - 99.99%

Aditivos:
0.01% - 30%



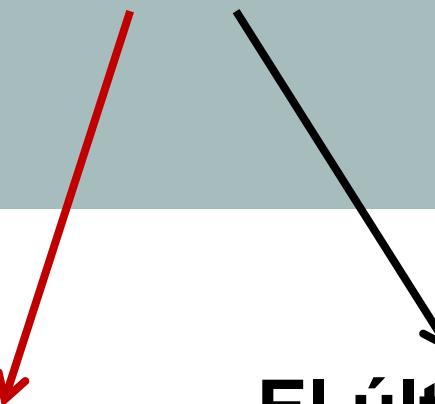
Elegir un fluido con
buen aceite base **y** aditivos de alta
calidad,
combinados adecuadamente

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**

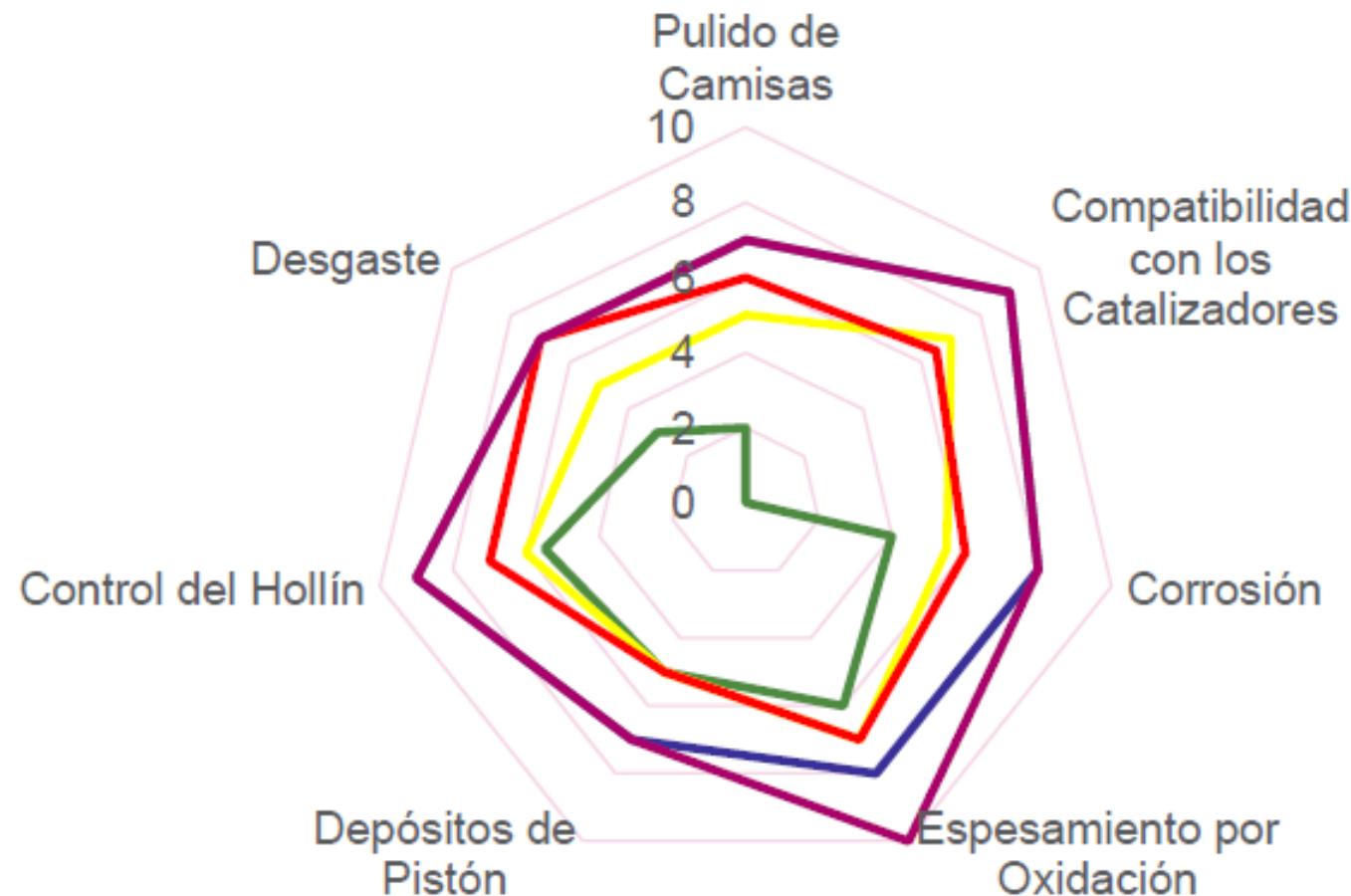
API **CJ-4**

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 CH-4 | \$ 63.372 | 30.000km | \$ 2,11 | - |
| Mobil Delvac MX POWER 15W-40 API CI-4 | \$ 85.298 | 45.000km | \$ 1,90 | 10,27% |

+ 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, mm ² /s, ASTM D445 | 13,2 |
| Punto de fluidez, °C, ASTM D97 | -42 |



| | XV100 | 15W-40 |
|---|----------|------------------------|
| Grado SAE | ---- | ---- |
| 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?

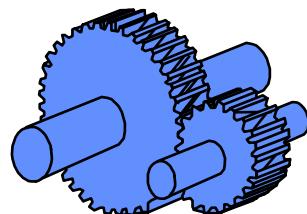
>>> API GL-5 tiene un muy alto nivel de aditivos EP (Azufre - Fosforo en general) Muy fuerte olor, ácido.

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

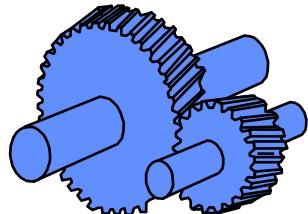
>>> Se produce recalentamiento del aceite por resbalamiento excesivo del conjunto sincronizador → Depósitos.

TIPOS BASICOS DE ENGRANAJES

EJES PARALELOS

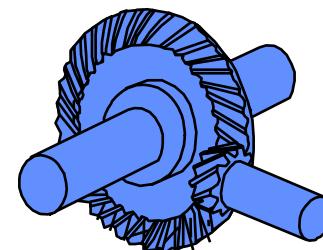


DIENTES
RECTOS

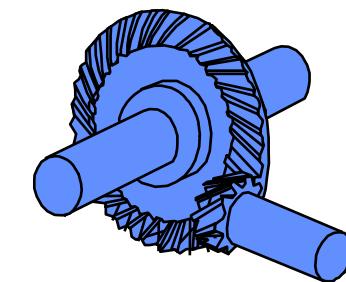


HELICOIDALES

EJES EN ANGULO



CONICO
HELICOIDAL



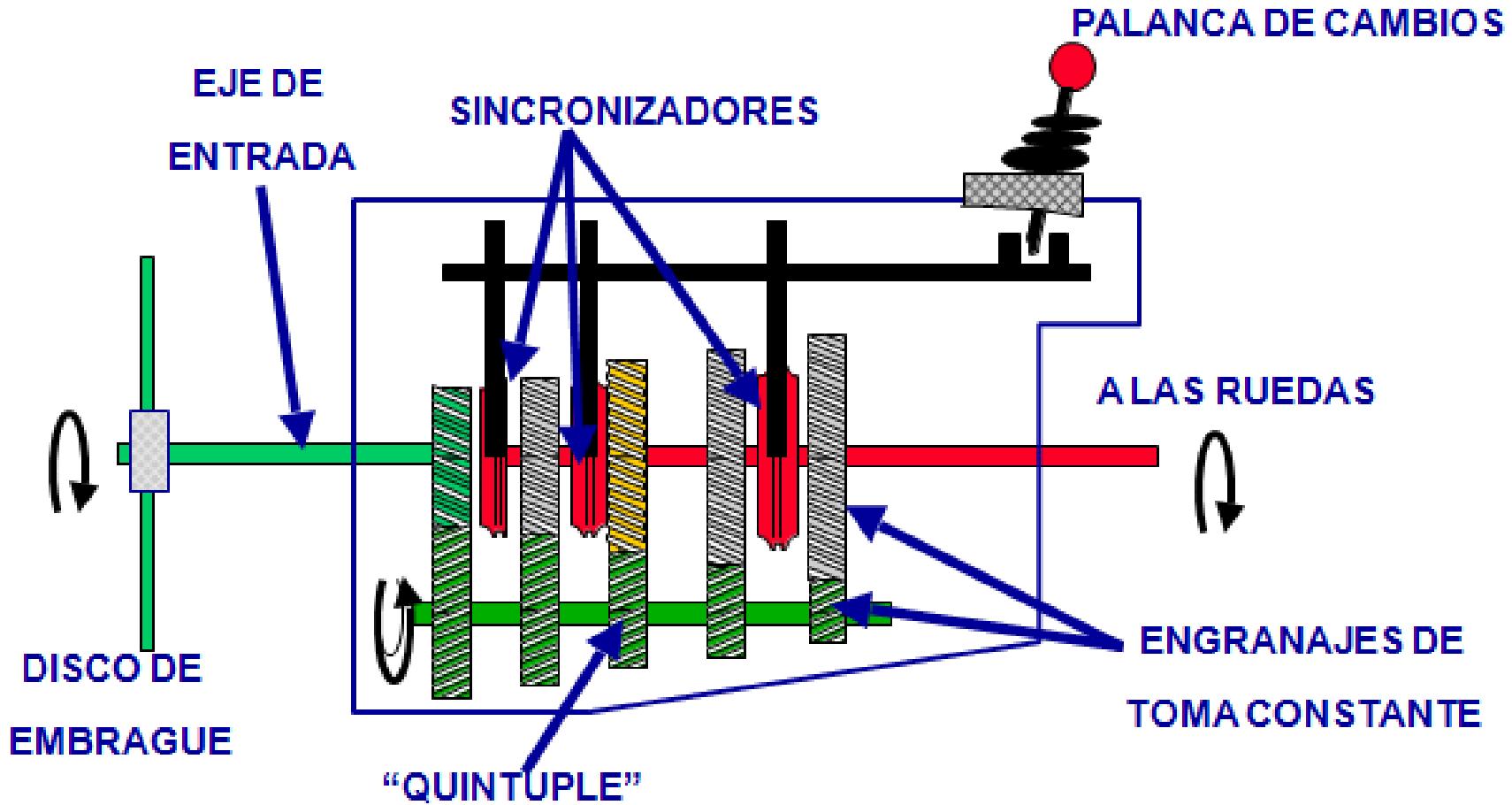
HIPOIDAL

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

**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-4

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

GENERAL MOTORS

FORD

ALLISON DIVISION G

CATERPILLAR

ESPECIFICACION

DEXRON IIIE / DEXRON III

MERCON / MERCON V

C-4

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



Sea Marconi Technologies s.a.s.
via Ungheria 20
10093 Collegno (TO) - ITALIA
+39 0112343434 - info@seamarconi.it

Cliente:
GULF OIL ARGENTINA
Belisario Roldán 2601 ----- BUENOS AIRES (-)

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB Nº 0899 L

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

número 460068, revisión 1 del 14/05/2025

La presente revisión anula y reemplaza las revisiones anteriores con el mismo número de

INFORME DE PRUEBA

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 nº 460068



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: -

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

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 límite

Leyenda de las notas a pie de tabla

| PARÁMETRO / PROPIEDAD | UdM | RESULTADO | U(y) | nº med. | % conf | METODO APLICADO | VALOR GUIA | VALOR LÍMITE | NOTAS |
|--|--------------------|-----------|-----------|---------|--------|---------------------|------------|--------------|-----------|
| Aspecto | - | Limpio | | | | Examen visual | Limpio | | (*) [L3] |
| Color (ASTM) | Cod. ASTM | 0 | | 1 | 0.95 | ASTM D1500-12(2017) | | < 2 | (*) [L4] |
| Agua disuelta (extracción por evaporación) | mg/kg | 12 | ± 4 | 2 | 0.95 | IEC 60814:1997 | | < 30 | [L4] [R1] |
| - Rigidez dieléctrica | kV | | | | | IEC 60156:2025 | | | (*) |
| - Rigidez dieléctrica (media) | kV | 54 | ± 13.4 | 6 | 0.95 | IEC 60156:2025 | | > 30 | (*) [L4] |
| - 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 | (*) [L4] |
| Tg Delta (@ 90 °C) | - | 0,0003 | ± 0,00013 | 1 | 0.95 | IEC 60247 : 2004 | | < 0,005 | (*) [L4] |
| Tension Interfasica | mN/m | 47,6 | ± 5,2 | 3 | 0.95 | ASTM D971 - 12 | | > 40 | (*) [L4] |
| Viscosidad cinematica (40 °C) | mm ² /s | 9,24 | ± 0,35 | 1 | 0.95 | ASTM D7042 - 16e3 | | < 12 | (*) [L4] |
| Densidad (20 °C) | kg/l | 0,8385 | ± 0,0015 | 1 | 0.95 | ASTM D7042 - 16e3 | | < 0,895 | (*) [L4] |
| Punto de congelacion | °C | -40 | | | | ISO 3016:1994 | | | (*) |

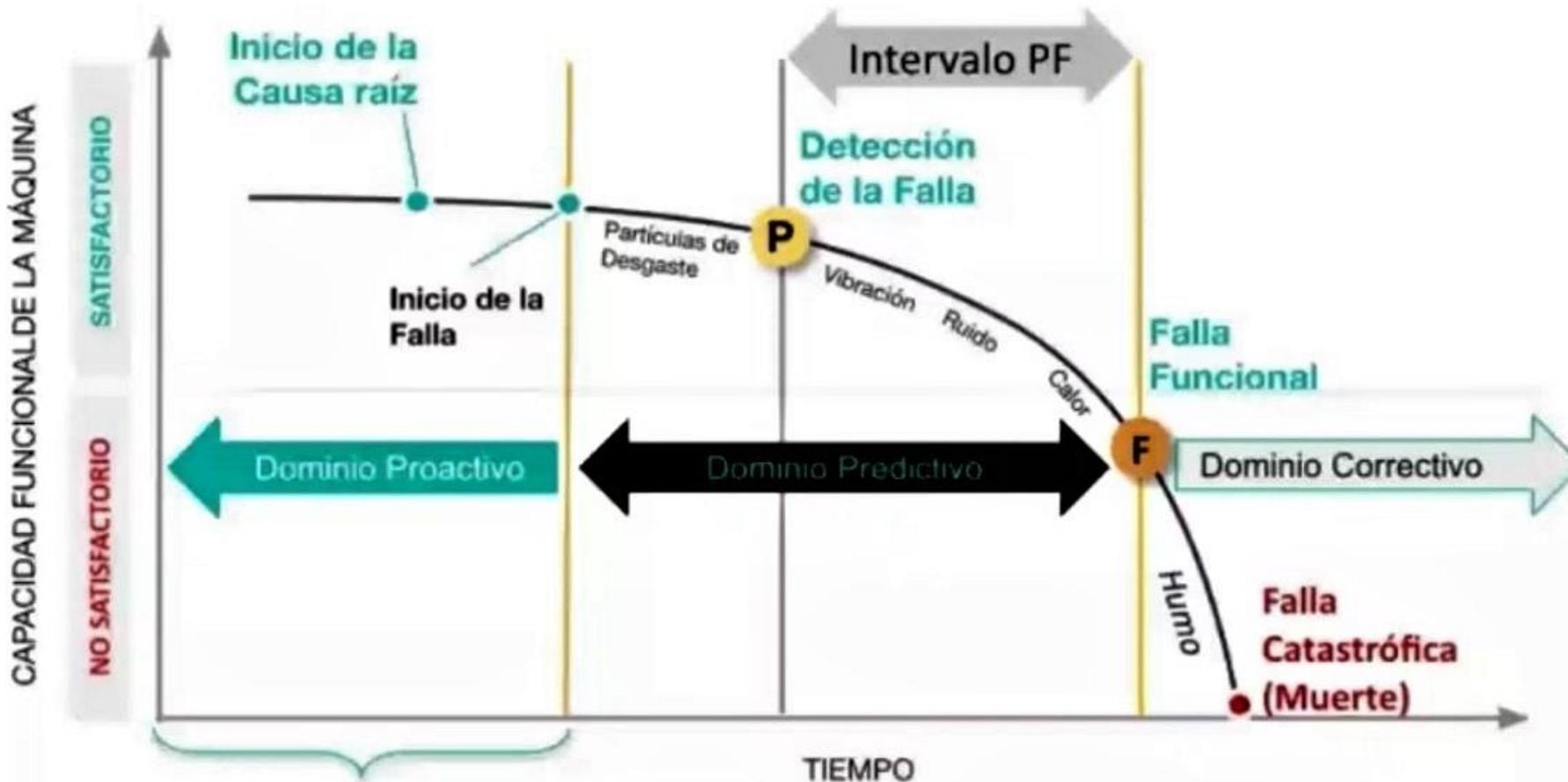
RESUMEN DE RESULTADOS

- **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 mm²/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

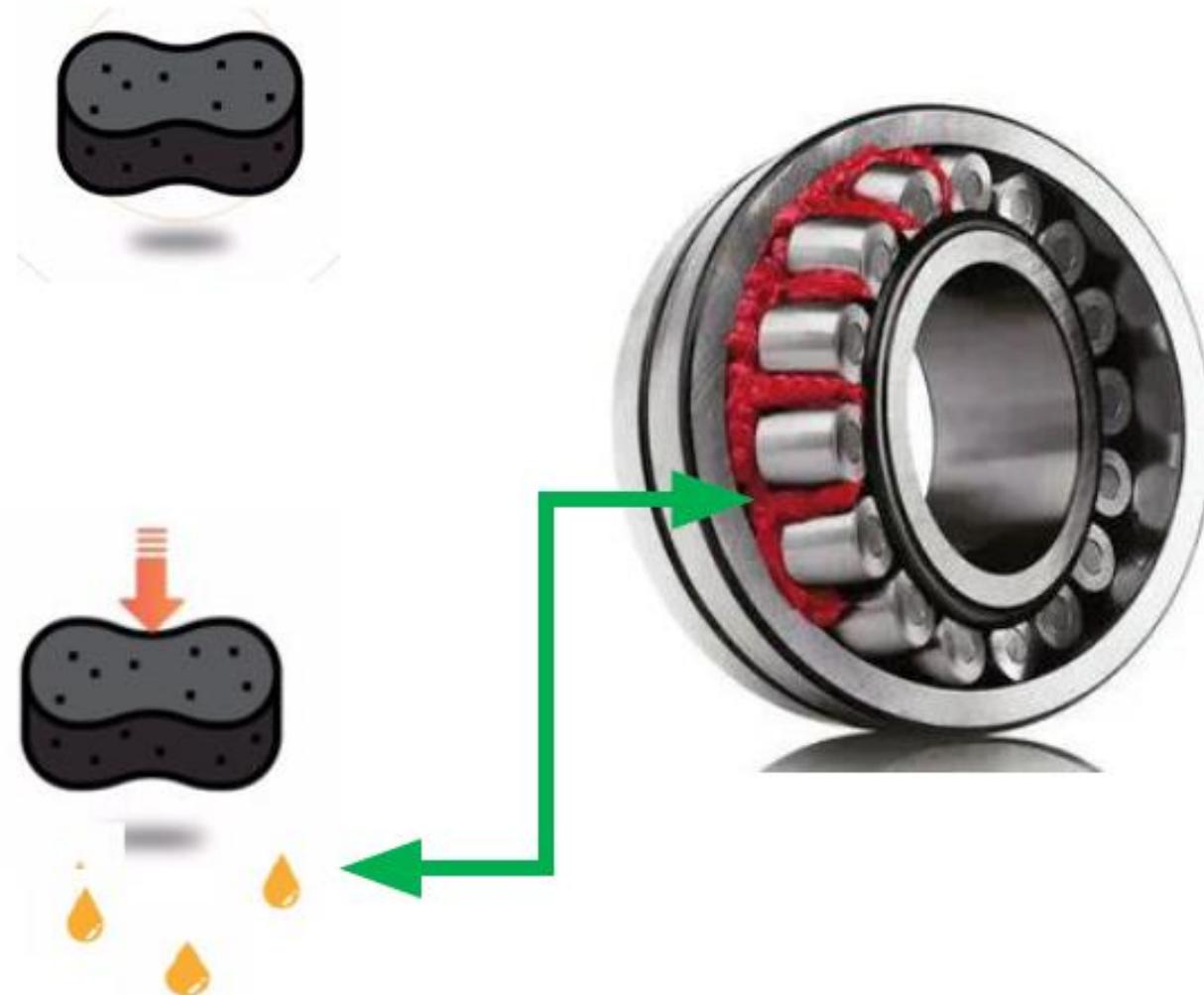


El Mantenimiento Proactivo permite mantener la maquinaria en la zona donde su capacidad es máxima

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



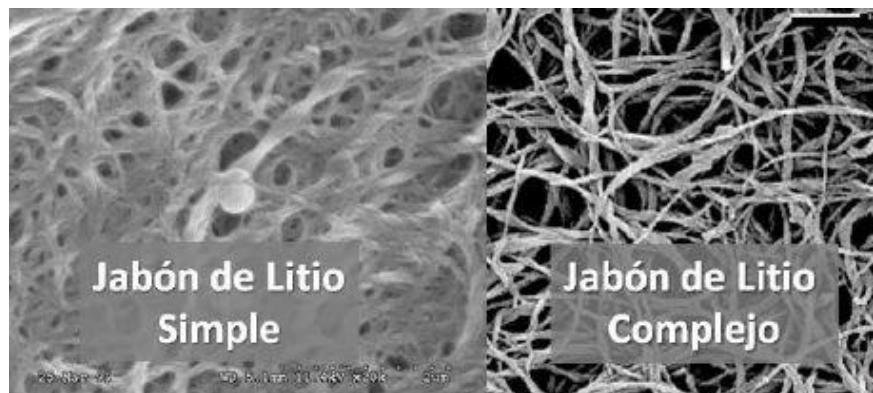
Lubricante (80 – 90%)

Espesante (10 – 15%)

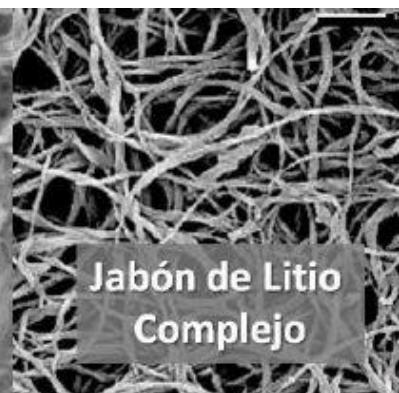
Aditivos (5 – 10%)

El espesante mantiene al lubricante en su lugar

Mejoran o adicionan características



Espesante de Poliurea



Sulfonato de Calcio

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">Buen rendimiento generalBuen comportamiento ante alta temp.Buena resistencia al agua | <ul style="list-style-type: none">Excelente resistencia al aguaExcelente propiedades EP (Extrema Presión) | <ul style="list-style-type: none">Excelente estabilidad al corteExcelente resistencia al sangradoPropiedades EP |
| Contras | <ul style="list-style-type: none">Bombeabilidad a baja temperatura | <ul style="list-style-type: none">Bombeabilidad a baja temperaturaCompatibilidad | <ul style="list-style-type: none">Baja resistencia al aguaProblemas de compatibilidad |
| Aplicaciones Típicas | <ul style="list-style-type: none">Aplicaciones industriales generalesTemperaturas moderadamente elevadasBuenas propiedades de adherencia | <ul style="list-style-type: none">Alta temperaturasÁreas con alta contaminaciónÁreas con alta presencia de agua. | <ul style="list-style-type: none">Engrase de motores eléctricosEngrase de rodamientos de alta velocidadAltas temperaturas |
| Temperaturas | <ul style="list-style-type: none">Hasta 150°C | <ul style="list-style-type: none">Hasta 163 °C | <ul style="list-style-type: none">Hasta 171°C |

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 - $F_t * F_c * F_h * F_v * F_p * F_d$

n = velocidad (RPM)

d = diámetro interior (mm)

| Factor | Condición | Rango de operación promedio | Factor de corrección |
|--------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|
| F_t | Temperatura en la carcasa | < 65 °C | 1.0 |
| | | 65 a 80 °C | 0.5 |
| | | 80 a 93 °C | 0.2 |
| | | > 93 °C | 0.1 |
| F_c | Contaminación sólida | Ligera, polvo no abrasivo | 1.0 |
| | | Severa, polvo no abrasivo | 0.7 |
| | | Ligera, polvo abrasivo | 0.4 |
| | | Severa, polvo abrasivo | 0.2 |
| F_h | Humedad | Humedad inferior a 80% | 1.0 |
| | | Entre 80% y 90% | 0.7 |
| | | Condensación ocasional | 0.4 |
| | | Agua ocasional en carcasa | 0.1 |
| F_v | Vibración | Velocidad pico < 0.2 ips* | 1.0 |
| | | 0.2 a 0.4 ips | 0.6 |
| | | > 0.4 ips | 0.3 |
| | | | |
| F_p | Posición del eje | Horizontal | 1.0 |
| | | 45 grados | 0.5 |
| | | Vertical | 0.3 |
| F_d | Diseño del rodamiento | Rodamiento de bolas | 10 |
| | | Rodillos cilíndricos/agujas | 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 considerer el factor de corrección en el cálculo.

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

N: Número de vueltas (rpm)

D_m: 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_m correction factors (k_a) for various bearing configurations

| Velocidad | Factor de Velocidad | Viscosidad |
|-----------|---------------------------------------|----------------|
| Muy Alta | N. D _m > 400,000 | ISO 22 |
| Alta | 400,000 > N. D _m > 200,000 | ISO 100 |
| Moderada | 200,000 > N. D _m > 100,000 | ISO 150 - 220 |
| Baja | 100,000 > N. D _m | ISO 460 – 1500 |

El periodo de reengrase puede verse disminuido por las condiciones:

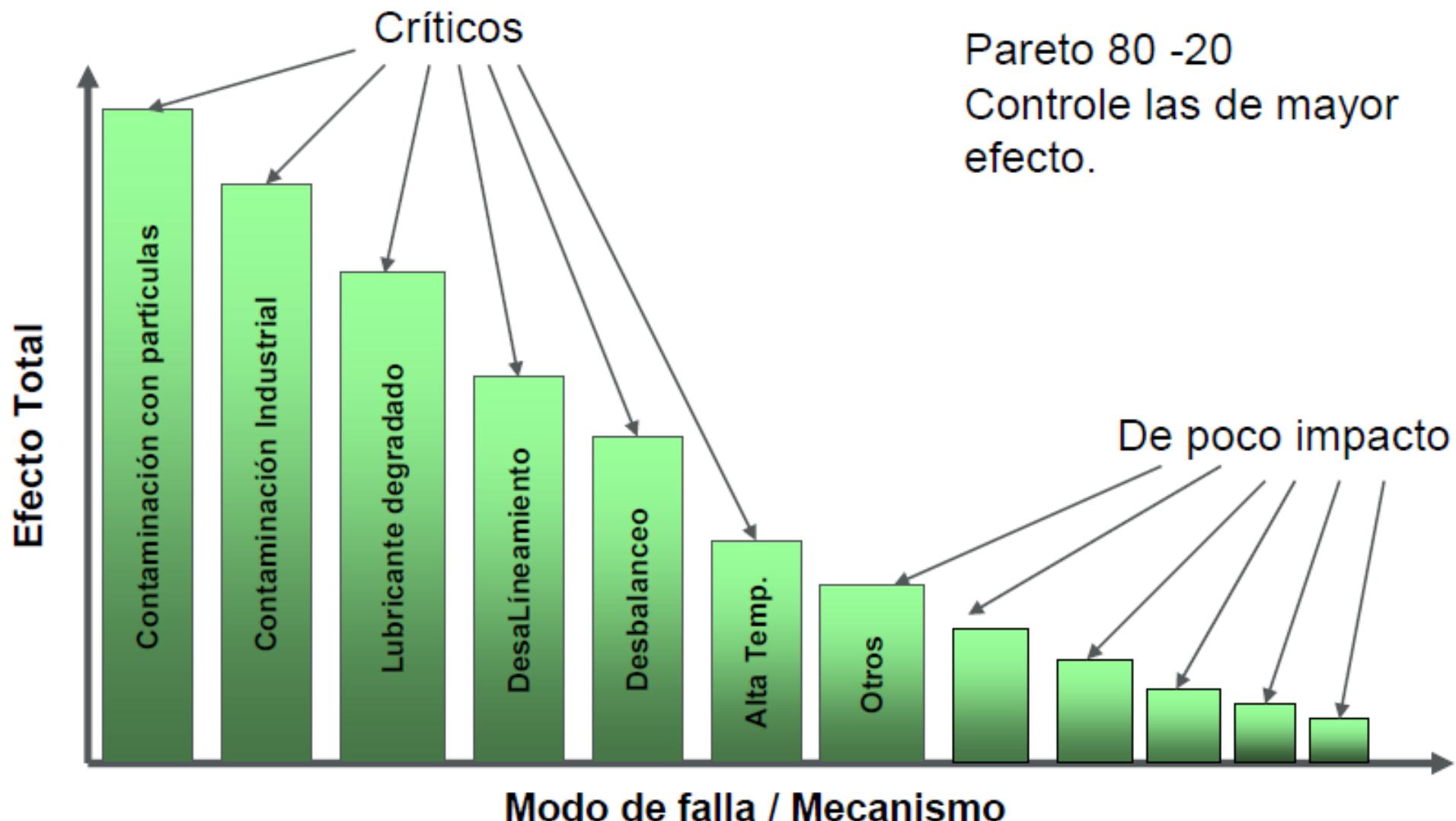
| Condición | Ajuste |
|-------------------------------|---|
| Temperatura de Operación | Reducir el intervalo a la mitad por cada 25°F por encima de los 150°C |
| Contaminación por Humedad | Reducir el intervalo en hasta un 95% basado en la severidad del ingreso de humedad |
| Contaminación por Particulado | 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

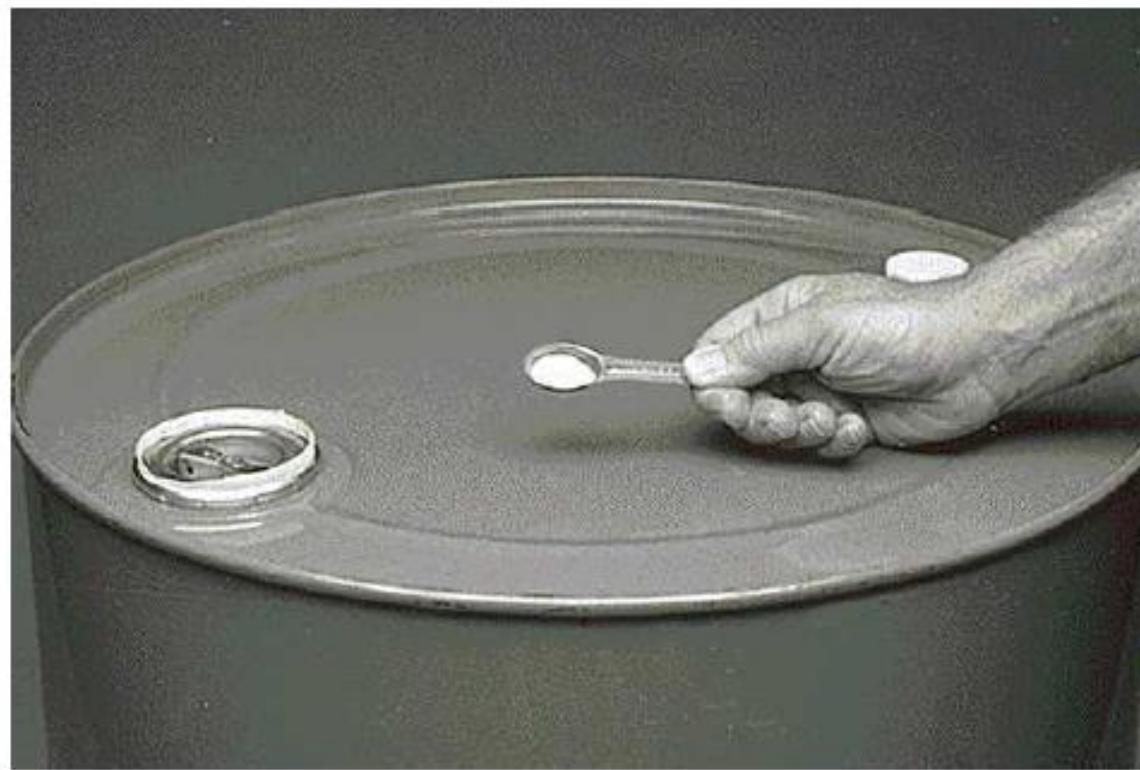
La contaminación del lubricante por partículas acelera el desgaste de los componentes de los sistemas hidráulicos, cajas de engranajes, motores, rodamientos, entre otros, pudiendo generar fallas prematuras.

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)

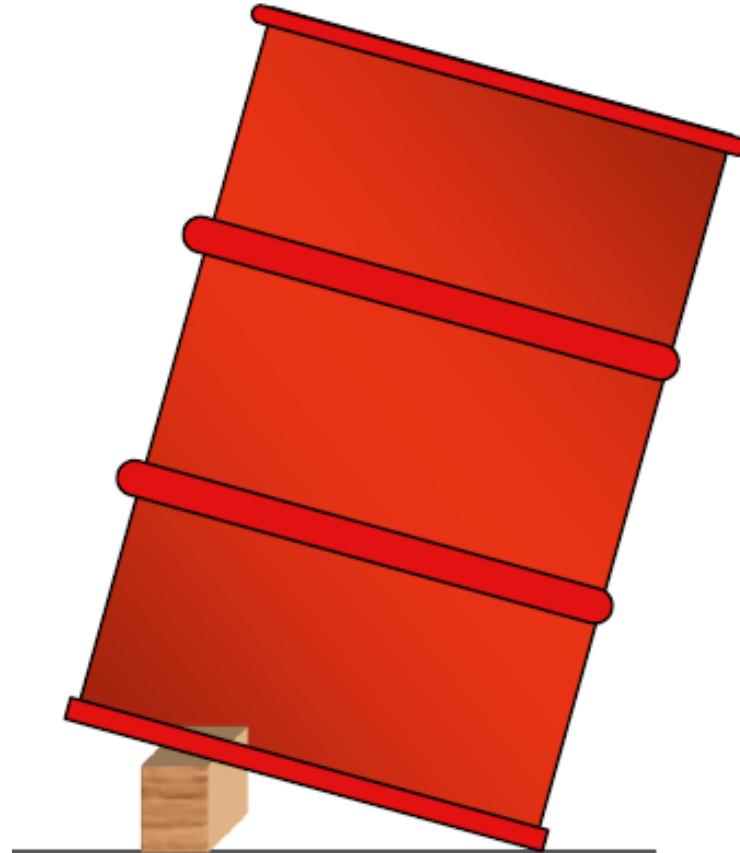


Deben complementarse con procedimientos y educación.



¿esto está bien?

Almacenamiento a la interperie ...



CORRECTO

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



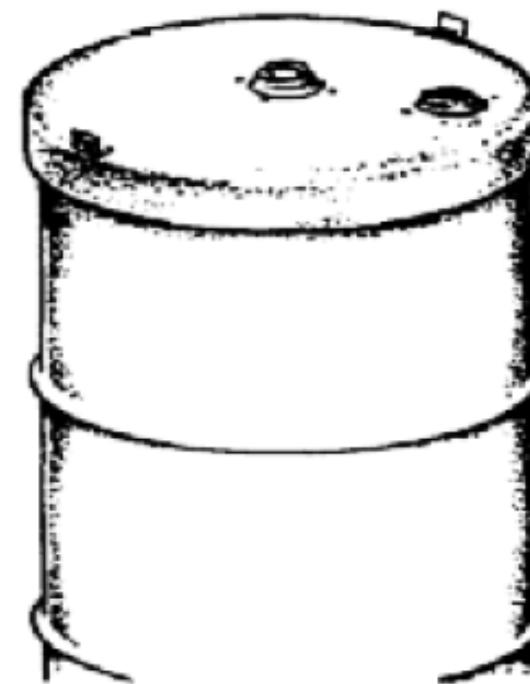
MAL

SIN AGUA ALREDEDOR DE LOS
TAPONES QUE PUEDA ENTRAR AL
TAMBOR

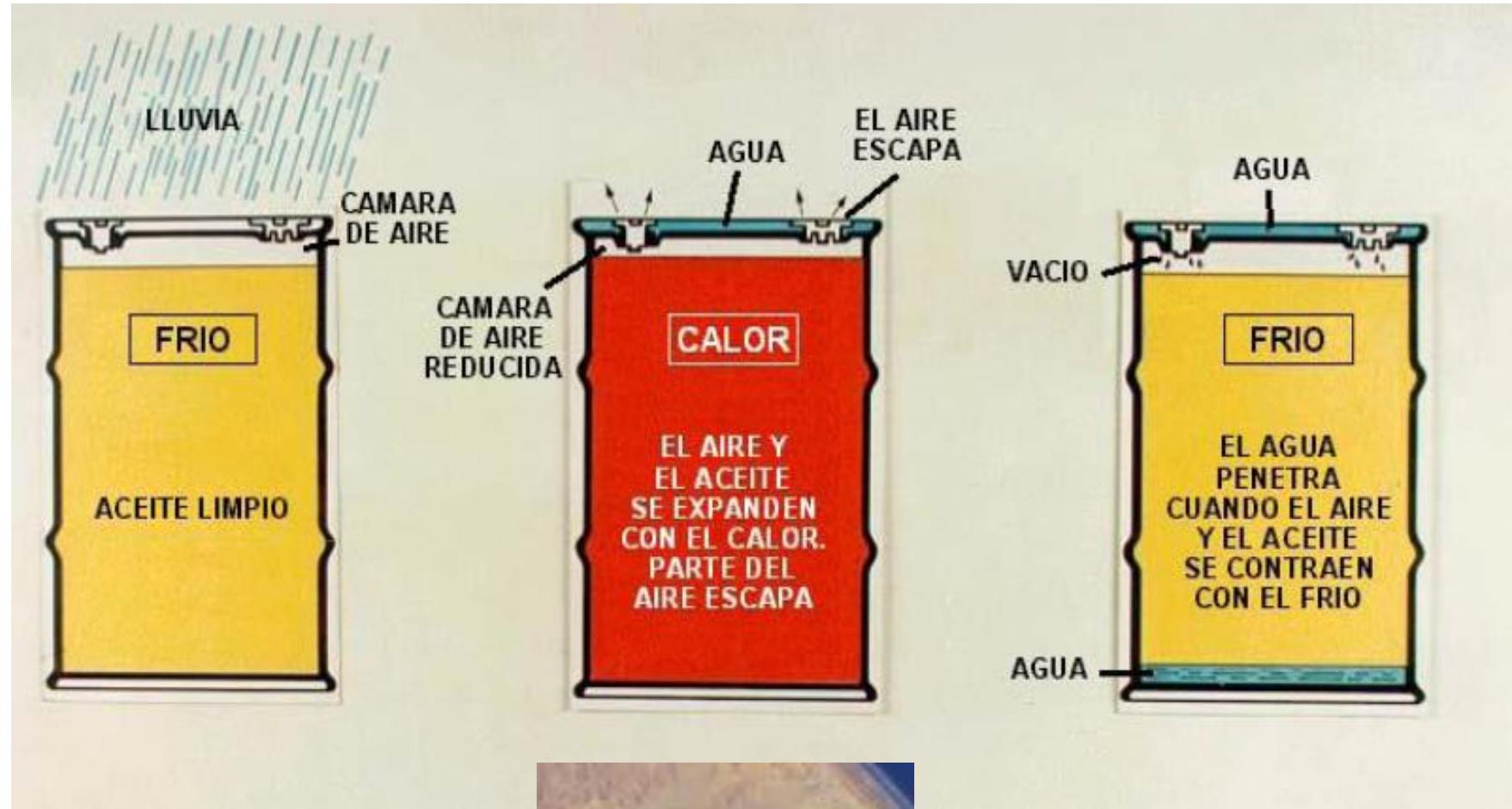


BIEN

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



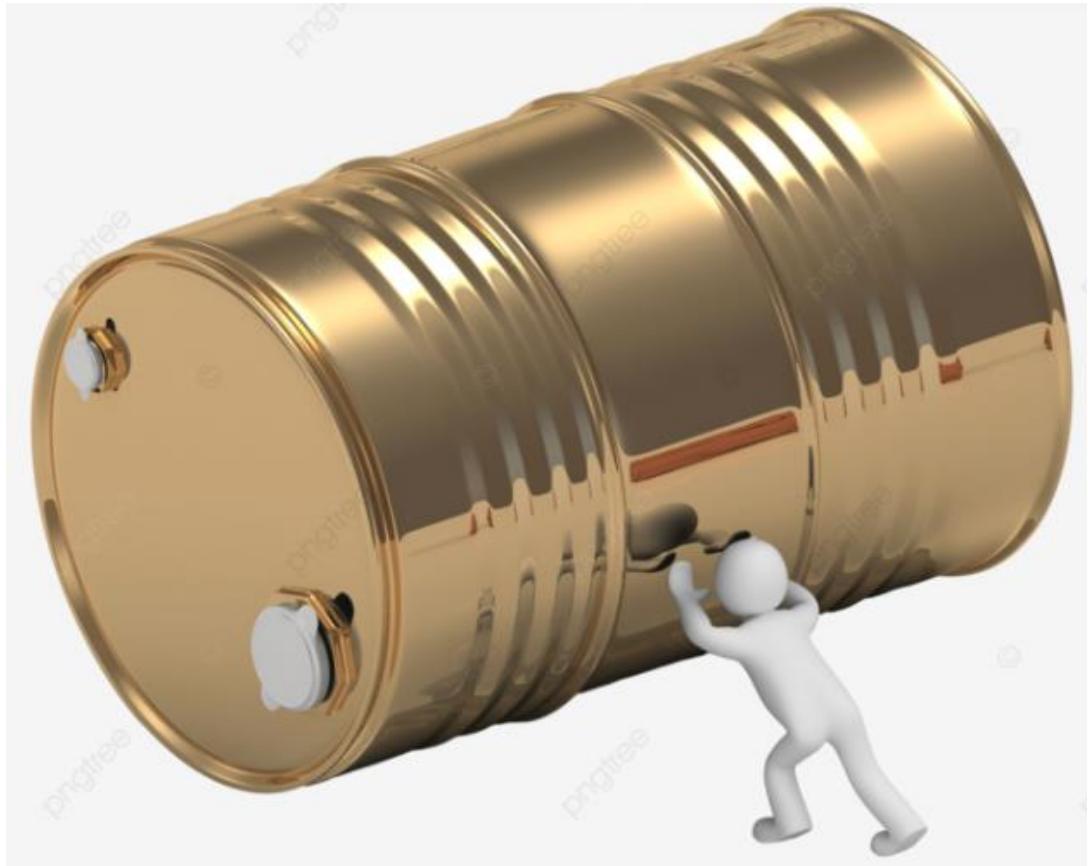
- Minimizar el contacto del lubricante con el exterior
- Utilizando herramientas adecuadas
- Identificarlas correctamente

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.

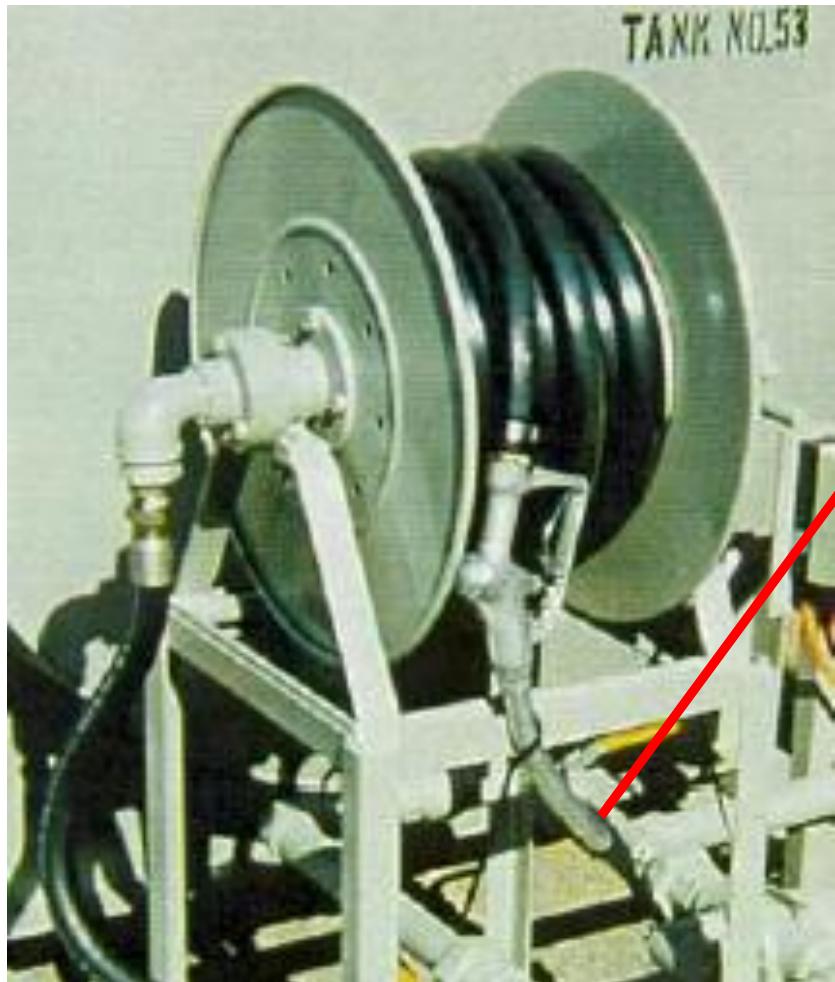
Trasvase al equipo

- 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

