



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LUBRICANTES

# LUBRICACION Y LUBRICANTES

**FEBRERO 2014**

## □ Introducción a la lubricación:

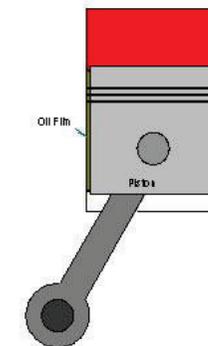
- Sabemos que añadir un lubricante a un contacto sólido-sólido reducirá de manera significativa los niveles de fricción.
- Un menor fricción conlleva:
  - Menor desgaste.
  - Menor generación de calor
  - Menores pérdidas energéticas.
- Aportando los siguientes beneficios:
  - Menores costes de mantenimiento, aumento de la vida útil de componentes
  - Reducción de los periodos de inactividad.

## □ Función de un lubricante:

- Primaria: Proteger las partes móviles, reduciendo fricción y desgaste.
- Refrigeración
- Limpieza, arrastre y eliminación de residuos

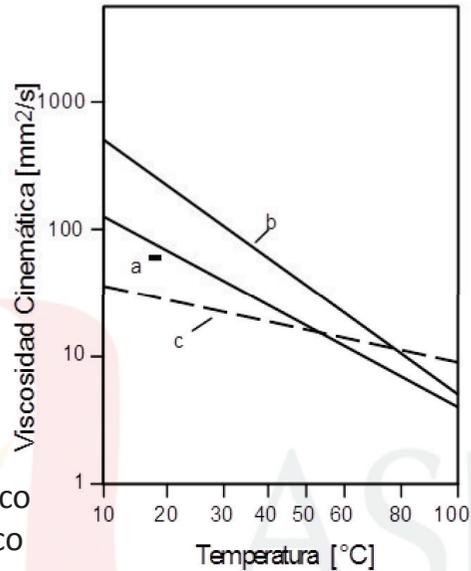
## □ Lubricantes y viscosidad:

- El proceso de lubricación es el resultado de una película de lubricante formada por fluidos o en algunos casos sólidos e interpuesta entre dos superficies en movimiento relativo la una con la otra.
- Este film o película puede tener un espesor entre de unos pocos nanómetros hasta cientos de micrones.
- La característica más importante de un lubricante es su viscosidad.
- Viscosidad = resistencia de un fluido al movimiento
- Un fluido más viscoso significa que es más grueso y por tanto no fluirá fácilmente. Creará una película lubricante de mayor espesor entre las dos superficies en movimiento con capacidad para soportar mayores cargas.



# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES

## VISCOSIDAD

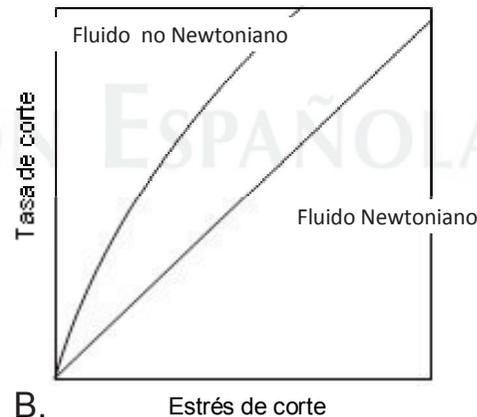
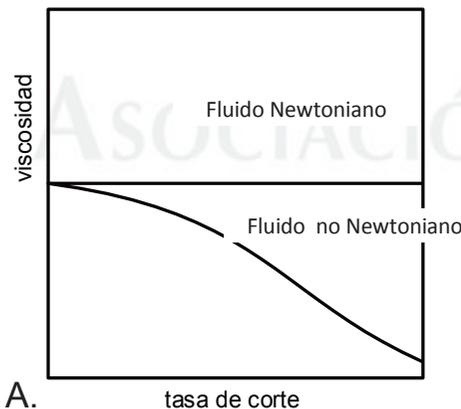


- a) Aceite base parafínico
- b) Aceite base nafténico
- c) Aceite de colza

*La Viscosidad es la medida de la resistencia de un fluido al movimiento y está gobernada por la temperatura.*

La viscosidad cambia con:

- ✓ Temperatura – a mayor temperatura menor viscosidad
- ✓ Presión – A mayor presión – Mayor viscosidad
- ✓ Cizallamiento – a mayor cizallamiento menor viscosidad (Fluido no-newtoniano)



Características de flujo de un fluido newtoniano y no-newtoniano.

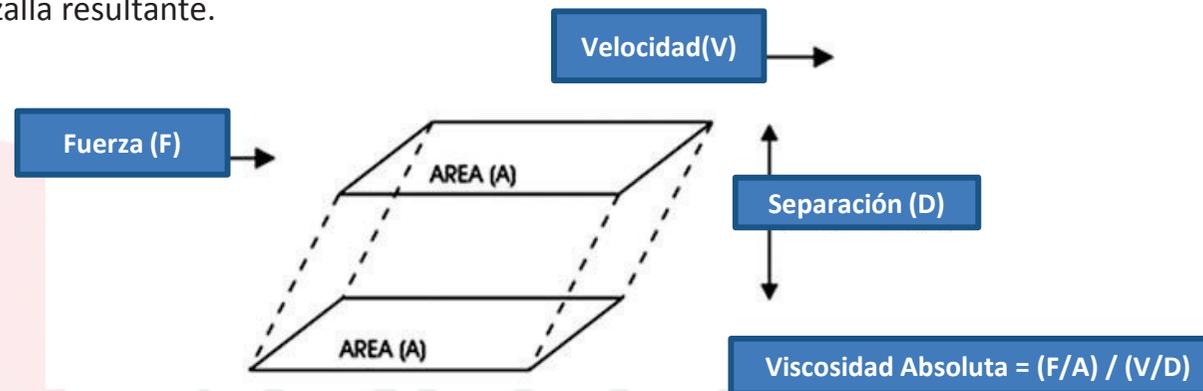
- A. Viscosidad como función de la resistencia a la cizalla;
- B. Cizallamiento como función de la resistencia a la cizalla

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES

## VISCOSIDAD

### Viscosidad (Absoluta o Dinámica):

- Mide la fricción interna dentro de un fluido reflejando la manera en la que las moléculas interactúan para resistir el movimiento.
- Es una propiedad fundamental del lubricante, influenciando la habilidad de éste para formar la película lubricante o para minimizar la fricción y el desgaste.
- Newton definió la viscosidad absoluta de un fluido como el ratio entre la resistencia a la cizalla (Shear stress) y la cizalla resultante.



- La unidad de medida de la viscosidad absoluta es el pascal al segundo (Pa.s), pero se emplea generalmente el centipoise (cP) como alternativa y donde  $1 \text{ Pa.s} = 103 \text{ cP}$ .
- La viscosidad absoluta se mide habitualmente a través de un viscosímetros rotatorios, siendo esta medida importante para evaluar las propiedades de los lubricantes empleados en engranajes y rodamientos.

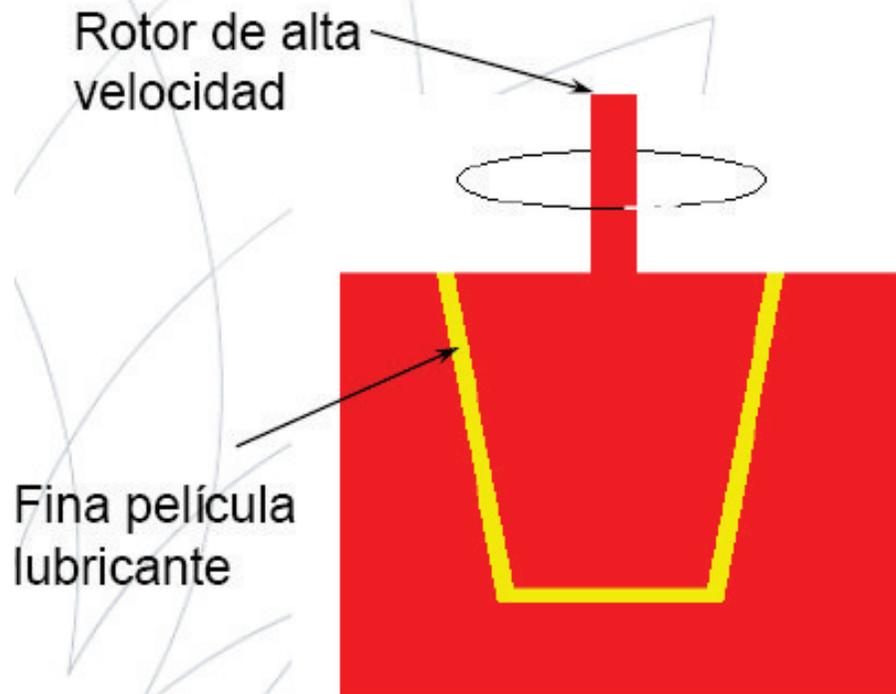
### Viscosidad (Cinemática):

- Mide la fluidez de un fluido a través de un tubo capilar bajo la constante influencia de la gravedad.
- La viscosidad absoluta y cinemáticas están relacionadas según la siguiente fórmula:
  - $\text{Viscosidad Cinemática} = (\text{Viscosidad Absoluta}) / \text{Densidad de fluido}$
- La unidad de medida de la viscosidad cinemática es  $\text{m}^2/\text{s}$  pero por razones prácticas se emplea el centistoke (cSt), donde  $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES

## - VISCOSIDAD HTHS -

**HTHS (High Temperature High Shear) : Simula las condiciones de los rodamientos de cigüeñal en un motor. Unidad cP.**



El lubricante se calienta a 150° C y sujeto a alto esfuerzo de cizallamiento mediante un rotor girando a alta velocidad.

Los clasificamos en tres grupos :

HTHS > 3.5 cP

HTHS 2.9 cP - 3.5 cP

HTHS < 2.9 cP

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES

## - VISCOSIDAD -

### ☐ Índice de Viscosidad (I.V):

- Relaciona viscosidad / temperatura.
- Compara la variación de la viscosidad con la temperatura a través de un índice de viscosidad.
- Se calcula la viscosidad cinemática de la muestra de lubricante a 40°C y 100°C, comparando la variación de viscosidad con una escala de referencia ASTM.
- Cuando mayor sea el I.V, menor será el efecto de la temperatura en la viscosidad de la muestra.

### PROPIEDADES A BAJAS TEMPERATURAS:

- Cuando una muestra de lubricante es enfriada su viscosidad aumenta de manera predecible hasta que comienzan a formarse cristales de ceras y parafinas.
- Esta red de cristales va incrementando su densidad conforme baja la temperatura provocando una aparente solidificación del lubricante.
- Aunque el lubricante “solidificado” no fluirá bajo la influencia de la gravedad, sin embargo, puede ser desplazado si se aplica la suficiente fuerza o par motor.

### ☐ Punto de Niebla:

- Es la temperatura a la cual aparecen los primeros signos de formación de ceras.

### ☐ Punto de Congelación:

- Es la temperatura más baja a la cual una muestra de lubricante fluirá por efecto de la gravedad.
- Los lubricantes de alta viscosidad pueden dejar de fluir a bajas temperaturas debido a que su viscosidad ha pasado a ser demasiado alta en lugar de porque se hayan generado ceras. En estos casos el punto de congelación será superior al punto de nube.

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES

## - VISCOSIDAD -

### ❑ Cold cranking simulator test (CCS):

- Mide la viscosidad aparente a bajas temperaturas y elevada cizalla. Evalúa el rendimiento de un lubricante en condiciones de arranque en frío.
- ¿Por qué es importante?
  - Cuando arrancamos el vehículo, el motor trata de mover el cigüeñal unas pocas revoluciones para iniciar el proceso de combustión.
  - La velocidad de arranque del motor es un factor crítico a bajas temperaturas, la velocidad de arranque está directamente relacionado con la viscosidad.
  - El lubricante tiene una mayor viscosidad a bajas temperaturas, lo que causará una mayor fricción durante el movimiento de los pistones.

### ❑ Viscosidad Brookfield:

- Mide la viscosidad a bajas temperaturas de los lubricantes de engranajes e hidráulicos en centipoises bajo condiciones de bajo corte.

### PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS:

- Son determinadas en función de su rango de ebullición o destilación.
- La volatilidad del lubricante es muy importante ya que indica la tendencia de pérdida de aceite debido a la evaporización, por ejemplo, en un motor caliente.
- Diferentes métodos de medir la volatilidad: 1) Curva de destilación medida por destilación al vacío (ASTM D1160) o simulada con un cromatógrafo de gases (ASTM D2887). 2) Test Noack; donde el lubricante es calentado durante 1 hora a 250°C y se evalúa la pérdida de peso de la muestra.

### ❑ Punto de Inflamación:

- Importante a efectos de seguridad.
- Indica la temperatura más baja a la cual se produce la inflamación de los vapores derivados del lubricante cuando éste es calentado en presencia de llama.

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LUBRICANTES

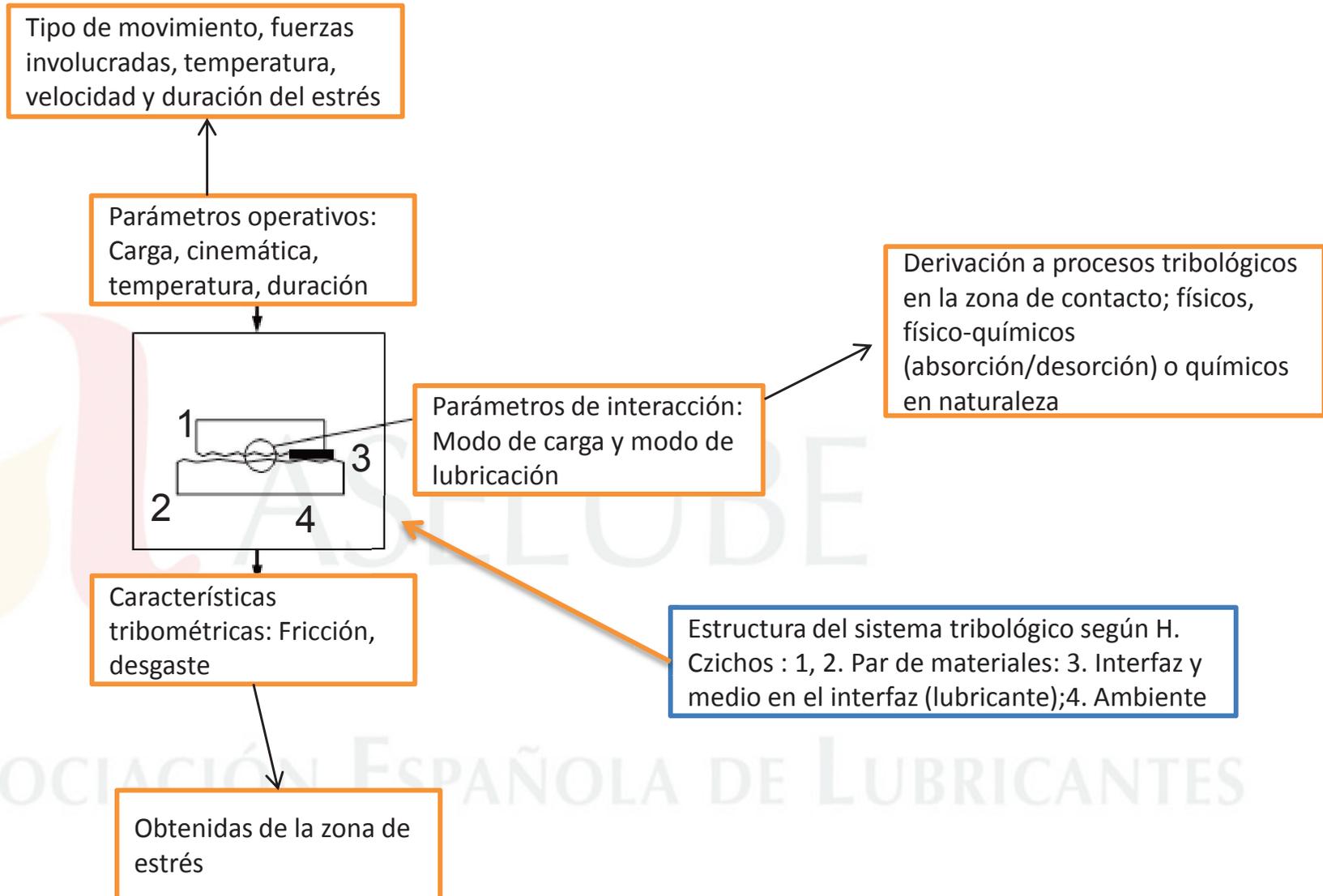
## - OTRAS -

### OTRAS CARACTERÍSTICAS:

- Densidad:
  - Relación entre masa y volumen es importante dado que los lubricante pueden ser formulados por peso pero medidos por volumen.
- Desemulsión:
  - Habilidad del aceite para separar el agua.
- Características espumantes:
  - Tendencia a la formación de espuma así como estabilidad de la espuma resultante.
- Características presión / viscosidad:
  - Variaciones de la viscosidad cuando se aplica presión.
- Conductividad térmica:
  - Capacidad de transmitir calor. Importante para fluidos de transferencia de calor.
- Propiedades eléctricas:
  - Resistividad, rigidez dieléctrica.
- Propiedades de la superficie:
  - Tensión superficial y separación del aire.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LUBRICANTES

# TRIBOLOGIA: CIENCIA QUE ESTUDIA LA FRICCIÓN, DESGASTE Y LUBRICACION



# FRICCIÓN Y CONDICIONES DE LUBRICACION

## □ Fricción:

- Es la resistencia al movimiento de un cuerpo en contacto con otro cuerpo y es proporcional a la carga aplicada pero independiente de la superficie de deslizamiento.
- Se distingue entre fricción estática y cinemática:
  - Fricción estática: Fuerza requerida para iniciar el deslizamiento.
  - Fricción cinemática: Fuerza requerida para mantener el movimiento.
- La fricción cinemática es más baja que la fricción estática y es casi siempre independiente de la velocidad de deslizamiento.

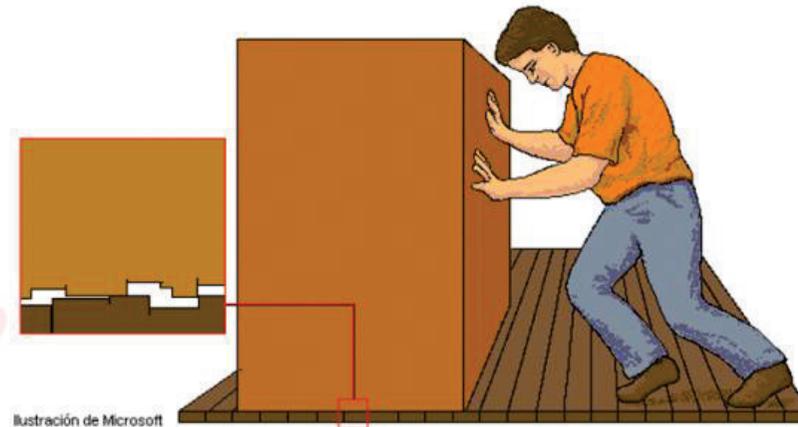
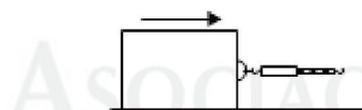
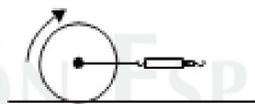


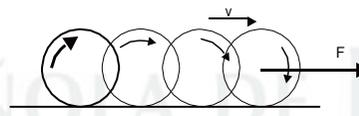
Ilustración de Microsoft



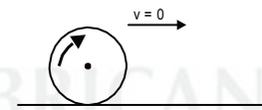
Fricción x deslizamiento



Fricción x rotación



Movimiento rotativo



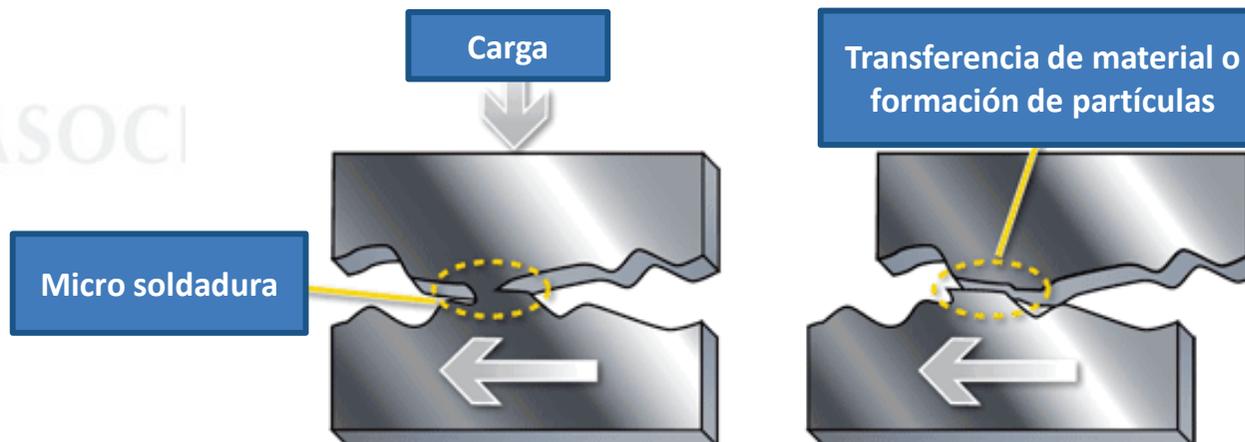
Movimiento por deslizamiento

## □ DEGASTE:

- Es el proceso físico de pérdida de material por contacto entre dos superficies.
- En los contactos con deslizamiento puede aparecer a través de varios procesos, en orden de importancia:
  - Adhesión
  - Abrasión
  - Por fatiga de superficie
- Otras formas de desgaste incluye; corrosión, erosión eléctrica, deformación plástica y fractura.

## □ Adhesión:

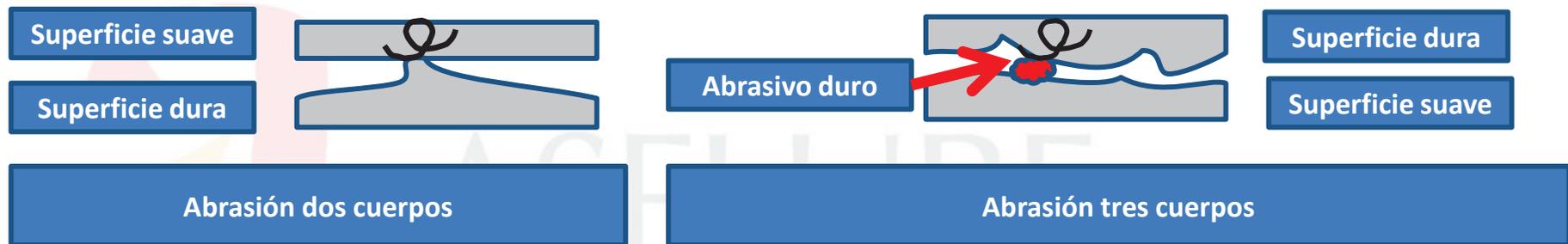
- Es el más complejo de los mecanismos de desgaste.
- Las interacciones moleculares y atómicas entre las superficies sometidas a fricción pueden desprender partículas de material de las superficies en contacto.
- Este proceso es precedido por la formación de puntos de unión entre los dos materiales, un proceso denominado soldadura fría.
- La adhesión tiene lugar cuando la película formada en condiciones de lubricación límite u otra película protectora desaparece. Ocurre, generalmente, en contactos altamente cargados, pobremente lubricados y en superficies deslizantes.
- El corte de estos minúsculos puntos de unión es una parte significativa de la fricción.



## MECANISMOS DE DESGASTE

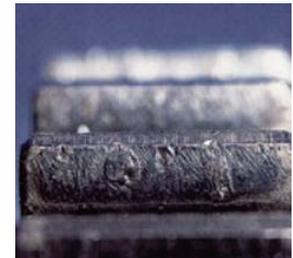
### □ Abrasión:

- Ocurre principalmente cuando un cuerpo está en contacto con otro de mayor dureza (abrasión de dos cuerpos).
- La contaminación de un lubricante con elementos abrasivos (partículas de desgaste) pueden causar también desgaste abrasivo (abrasión de tres cuerpos).
- Esta abrasión provoca que los picos presentes en las superficies se rompan o arranquen nuevas partículas procedentes de la superficie.
- Esta forma de desgaste se puede combinar con otras.



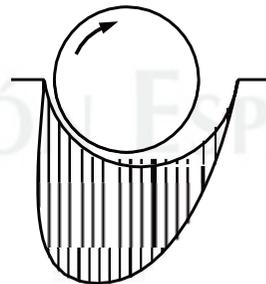
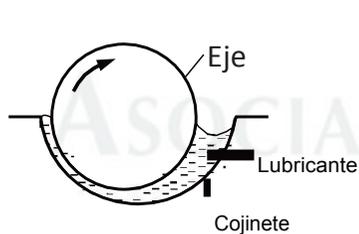
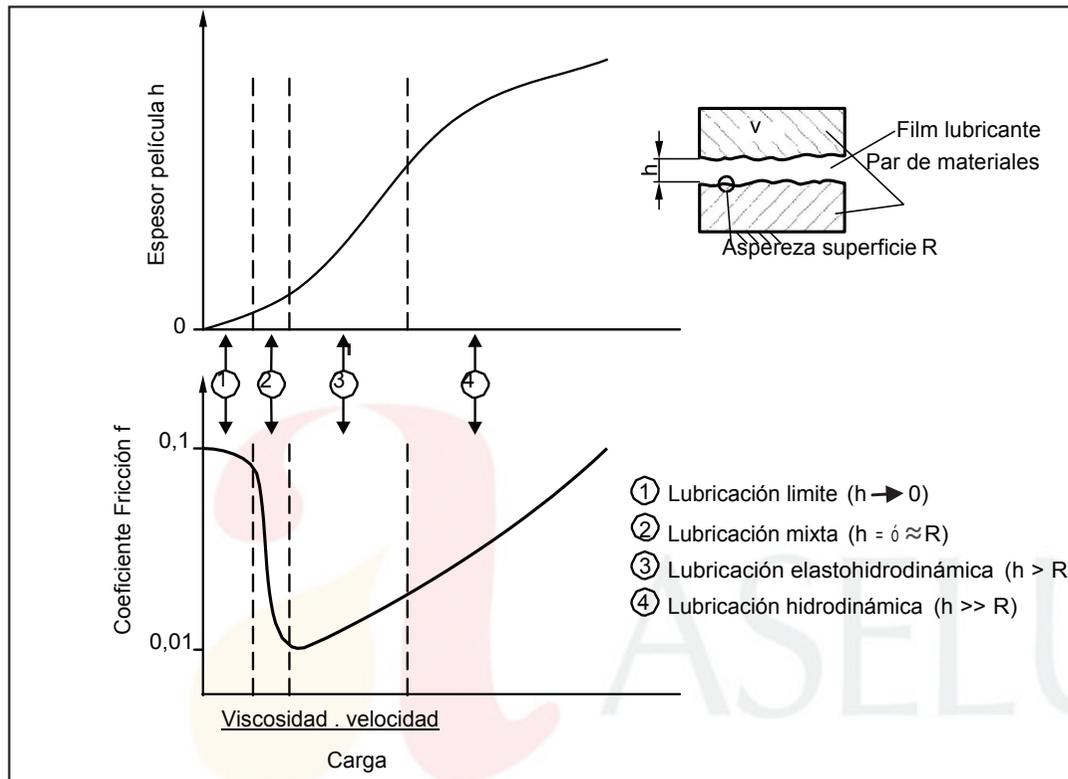
### □ Fatiga de Superficie: Rotura de materiales bajo cargas dinámicas cíclicas

- Esto crea incremento de presión (protuberancia).
- Una repetición de alta carga en la protuberancia o las partículas causan la fatiga de la superficie y eventualmente el picado.
- Esto conduce a largos hoyos y posteriormente al resquebrajado.



# REGIMENES DE LUBRICACIÓN - CURVA DE STRIBECK

## VARIABLES - FRICCIÓN, VISCOSIDAD, VELOCIDAD Y CARGA

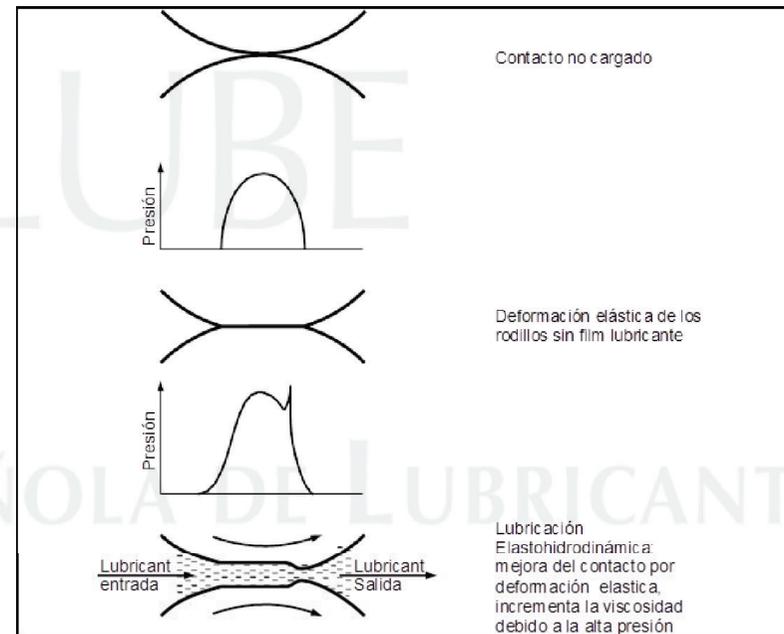
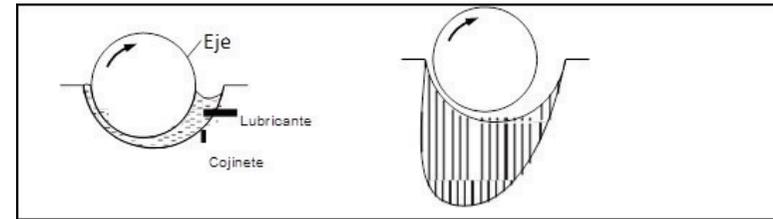


- ✓ Describe como evoluciona los niveles de fricción en función de la viscosidad, velocidad y carga.
- ✓ Eje vertical -  $f$  = Coeficiente de fricción
- ✓ Eje horizontal – parámetro (viscosidad del fluido x velocidad relativa de las superficies) / carga soportada por el interfaz
- ✓ Punto cero = fricción estática
- ✓ Conforme nos desplazamos hacia la derecha en el eje horizontal se aprecian los efectos de una mayor velocidad, incremento de viscosidad o menor carga sobre el interfaz.
- ✓ La combinación de baja velocidad, reducida viscosidad e incremento de carga producirá un régimen de lubricación limite, resultando en una mayor fricción.
- ✓ Cuando la velocidad y viscosidad aumentan o se reduce la carga, las superficies comenzarán a separarse formándose una fina película lubricante suficiente para soportar las cargas. Se darán condiciones de lubricación mixta. Caída dramáticas de la fricción como resultado de una reducción en la superficie de contacto y mayor fluido lubricante.
- ✓ El coeficiente de fricción alcanzará un mínimo a partir del cual comienza la lubricación hidrodinámica.

# REGIMENES DE LUBRICACIÓN

## En función del espesor de la película lubricante

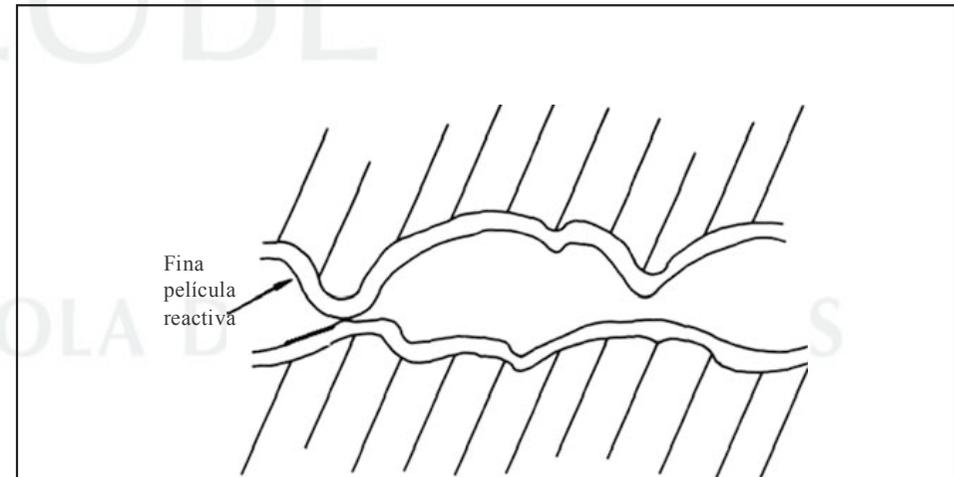
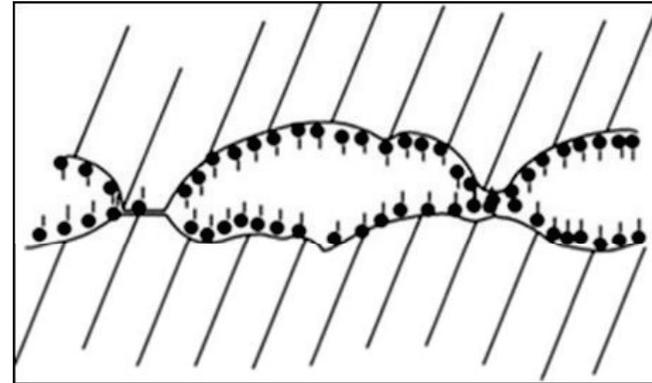
- ✓ **Lubricación Hidrodinámica – las dos superficies están separadas por una película lubricante.**
  - ❑ La cuña de aceite provoca una elevación hidrodinámica.
  - ❑ El espesor de la película varía dependiendo de la velocidad, viscosidad y carga.
  - ❑ A bajas velocidades, arranque y paro existen condiciones de película delgada, riesgo de contacto metal-metal.
  - ❑ Las partículas y la contaminación por humedad degradan la película lubricante.
  
- ✓ **Lubricación Elasto-hidrodinámica – las dos superficies están separadas por una película lubricante muy fina.**
  - ❑ Los elementos rodantes y la superficie del rodamiento se deforman elásticamente para aumentar la superficie de contacto
  - ❑ La película de aceite generalmente es menor a 1 micra
  - ❑ Las altas presiones de contacto convierten el aceite en un sólido



# REGIMENES DE LUBRICACIÓN

## En función del espesor de la película lubricante

- ✓ Lubricación mixta – las dos superficies están parcialmente separadas, parcialmente en contacto.
- ✓ Lubricación limite – las dos superficies están mayoritariamente en contacto la una con la otra incluso aunque un fluido esté presente
  - ❑ La lubricación limite describe procesos que pueden ocurrir en las superficies en movimiento relativo para reducir la fricción y controlar el desgaste bajo condiciones donde la película de lubricante no se ha formado.
  - ❑ Puede ser formada por:
    - ❑ Suspensión sólida: Boratos, disulfuro de molibdeno, grafito
    - ❑ Película química: Agentes de untuosidad, dialquilditiofosfato de zinc, tricresil fosfato, azufre, fosforo



# COMPOSICIÓN TÍPICA DE UN LUBRICANTE



## ✓ Clasificaciones de los crudos

Los crudos se clasifican generalmente como: parafínicos, nafténicos, o aromáticos, basándose en la proporción predominante de moléculas de hidrocarburo similares.

Los crudos tienen cantidades variables de cada tipo de hidrocarburo. Además, los crudos almacenados en las refinerías normalmente están formados por mezclas de dos o más crudos diferentes.

Los crudos que contienen cantidades apreciables de azufre o de sus compuestos se denominan “ácidos”. Aquellos con menos cantidad de azufre se llaman “dulces”.

Un crudo es considerado ácido si su contenido en azufre es mayor de 0,7 %

Un crudo se considera dulce si su contenido en azufre es menor del 0,7 %

## EL REFINO

### ✓ ¿Qué es el refino y en qué consiste?

El refino es el término colectivo para los procesos utilizados para seleccionar o alterar las propiedades del crudo tales como conseguir un producto con las propiedades deseadas. Básicamente esos procesos pueden dividirse en etapas físicas y químicas, y el refino es normalmente una mezcla de las dos.

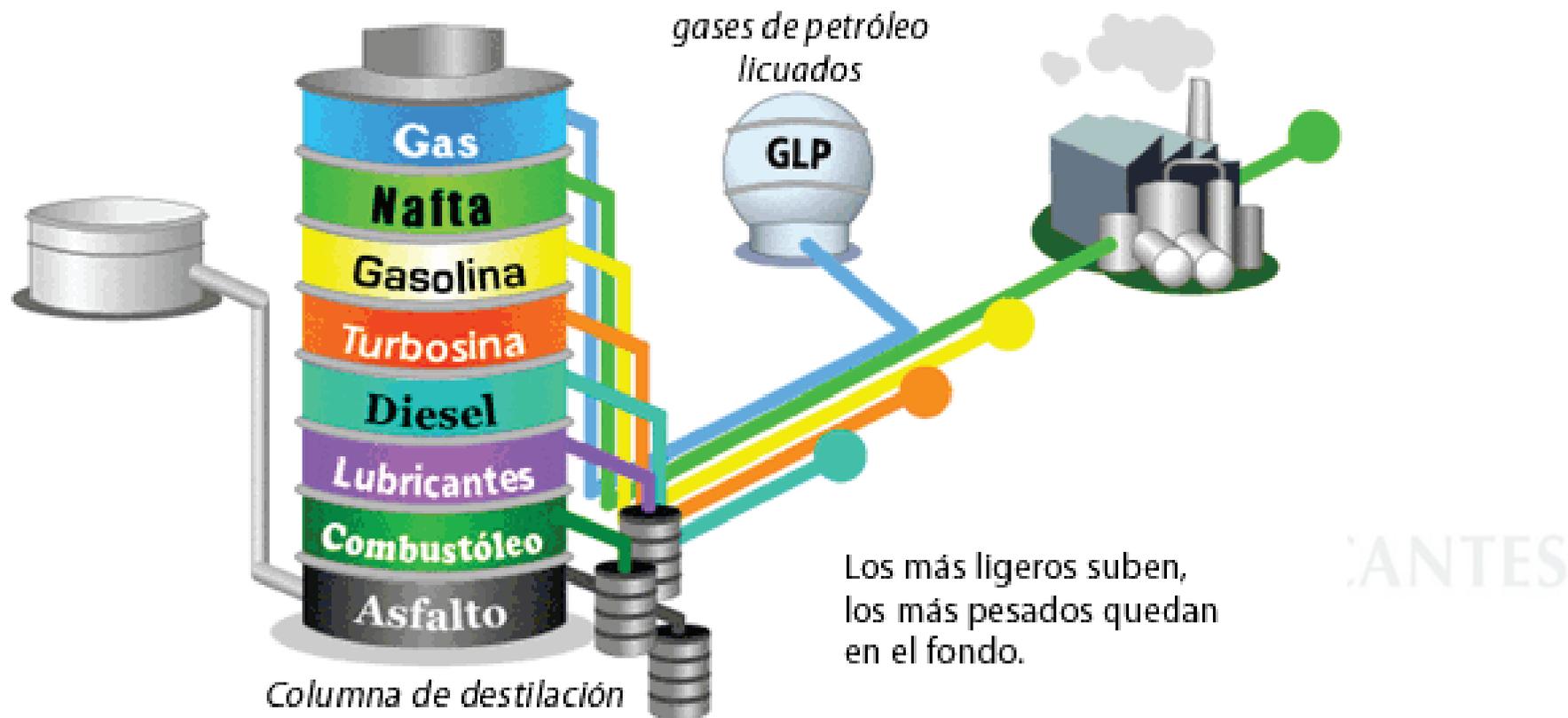
El refino envuelve una serie de procesos para separar y alterar las moléculas de hidrocarburo en el aceite. Esto depende en una diferencia básica entre productos químicos, en este caso la temperatura a la cual se evaporan – llamado punto de ebullición. Las moléculas pequeñas de hidrocarburo tienen bajos puntos de ebullición, mientras que las moléculas mayores tienen puntos de ebullición más altos. Utilizando un proceso llamado destilación fraccionada, es posible separar los diferentes componentes del petróleo crudo en grupos de compuestos hidrocarbonados de diferentes rangos de puntos de ebullición llamados “fracciones” o “cortes”.



## EL REFINO

La mayoría de los productos de destilación son convertidos posteriormente a productos más útiles cambiando el tamaño y estructura de las moléculas de hidrocarburo mediante ruptura o “cracking”, reformado, y otros procesos de conversión. Esos productos convertidos están sujetos a varios procesos de tratamiento y separación tal como extracción con disolventes, hidrotratamiento, y desacidificación para eliminar los componentes indeseables y mejorar la calidad del producto. Las refinerías integradas incorporan fraccionamiento, conversión, tratamiento, y operaciones de “Blending” y pueden incluir también procesos petroquímicos.

La figura siguiente ilustra los procesos más utilizados en una compleja refinería de combustible:



## *Producción de aceites base*

### ✓ *Refinados con disolventes*

El primer proceso que fue desarrollado para la producción de aceites base para aplicaciones lubricantes y químicas fue el refino con solventes. Como la destilación fraccionada separa los productos petrolíferos en grupos sólo por sus rangos de puntos de ebullición, las impurezas pueden permanecer. Éstas incluyen compuestos orgánicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno, sales inorgánicas y metales disueltos y sales solubles que estaban presentes en el crudo de partida. Adicionalmente, el queroseno y sus destilados pueden contener trazas de aromáticos y naftenos, y los aceites base lubricantes pueden contener ceras. Los procesos de refino con solventes incluyendo la extracción con solventes y desparafinado con solventes normalmente eliminan esos compuestos no deseados en etapas intermedias del refino o justo antes de enviar el producto a almacenamiento.

El propósito de la extracción con solventes es prevenir la corrosión, proteger al catalizador en los procesos subsiguientes y mejorar los productos finales al eliminar compuestos insaturados e hidrocarburos aromáticos de las bases lubricantes y grasas. El proceso de extracción con solventes separa, aromáticos, naftenos e impurezas de los cortes de destilación mediante disolución o precipitación.

El disolvente es regenerado para ser usado de nuevo en el proceso. Los disolventes de extracción más utilizados mundialmente son fenol, furfural y ácido cresílico.

### ✓ *Hidroprocesado*

La hidrogenación es un método moderno basado en la conversión química de moléculas no deseadas en otras más necesarias. Esto se realiza usando un catalizador, hidrógeno y alta presión / temperatura. Como el proceso se basa en la conversión de moléculas, es posible obtener muy altos rendimientos. En el proceso de hidrogenación, los compuestos polares, aromáticos y moléculas que contienen heteroátomos (azufre, oxígeno, nitrógeno) son adsorbidos por la superficie del catalizador junto con el hidrógeno.

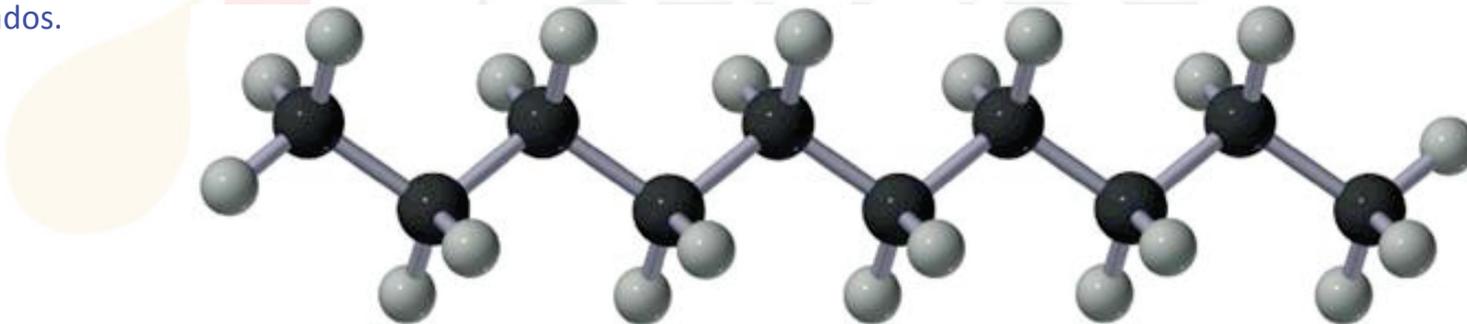
El catalizador por tanto facilita las reacciones. El catalizador por sí mismo puede describirse como un mineral inerte y poroso impregnado con metales catalíticamente activos que adsorben moléculas polares y facilitan su reacción con el hidrógeno adsorbido. El área de la superficie catalíticamente activa es muy grande (hasta 200 m<sup>2</sup>/gramo de catalizador).

Durante el proceso de hidrogenación, el azufre, el oxígeno y el nitrógeno son eliminados como  $H_2S$ ,  $H_2O$  y  $NH_3$ . Los anillos aromáticos se vuelven saturados, y su alcance depende del grado de severidad. El orden de reacción depende de la polaridad, p.ej. los policíclicos aromáticos se reducen primero, dejando monoaromáticos en el aceite. Los restos ligeros y otros subproductos producidos en el proceso de hidrogenación son eliminados del aceite y más tarde por stripping / destilación. El  $H_2S$  generado en el proceso se convierte en azufre puro en una unidad denominada Claus. Esto hace del proceso de hidrogenación un proceso respetuoso con el medio ambiente con un alto rendimiento de productos y una pequeña cantidad de desechos. Su única desventaja es el alto coste de inversión necesario. El hidrocracking, una versión más severa que el hidrotreatmento puede utilizarse también para producir aceites base.

## ACEITES BASE

### ✓ Clases de hidrocarburos

Los componentes principales del petróleo o del aceite mineral son los hidrocarburos, que son compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Los átomos de carbono forman una estructura en la cual los átomos de hidrógeno están enlazados.



Los hidrocarburos se dividen en clases dependiendo de sus características estructurales, también pueden variar en tamaño y geometría. Hay cuatro clases principales de hidrocarburos:

- ✓ **Parafinas (también denominados alcanos)**
- ✓ **Naftenos (también llamados cicloalcanos)**
- ✓ **Olefinas (también denominados alquenos)**
- ✓ **Aromáticos**

## ACEITES BASE - TIPOS

CATEGORIAS DE ACEITE BASE API				
Categoría de aceite base	% azufre		% saturados	Índice de Viscosidad
Grupo I	>0.03	y/o	<90	80 a 120
Grupo II (hidrotratadas)	<0.03	Y	>90	80 a 120
Grupo III (hidrocraqueadas)	<0.03	y	>90	>120
Grupo IV	Lubricantes sintéticos PAO			
Grupo V	Los demás aceites base no incluidos en los Grupos I, II, III y IV			

- ✓ Grupo I – Estos aceites base son refinados a base de solventes.
- ✓ Grupo II – Fabricadas, a menudo, a través de un proceso denominado “hidrocracking”, se trata de un proceso más complejo que el utilizado para la obtención de bases del grupo I. Dado que todas las moléculas de hidrocarburos de éstos aceites son saturadas tienen mejores propiedades frente a la oxidación. También tienen un color más claro y un coste superior a las bases del grupo I.
- ✓ Grupo III – Estos aceites base siguen un mayor proceso de refino mayor que el grupo II y, generalmente, son severamente hidrofraccionadas (mayor presión y temperatura). Este proceso más largo está diseñado para lograr un aceite base más puro. Aunque tienen un origen a partir del crudo, las bases del grupo III son definidas, algunas veces, como hidrocarburos sintetizados. Como las bases del grupo II, estas bases tienen cada vez más prevalencia.
- ✓ Grupo IV – Estos aceites base son polialfaolefinas (PAOs). Estas bases son elaboradas a través de un proceso de sintetización. Poseen un rango de temperatura de funcionamiento más amplio siendo muy útiles en aplicaciones extremas a altas y bajas temperaturas.
- ✓ Grupo V – Se trata de todo el resto de aceites base, incluyendo, siliconas, éster de fosfatos, polialcalil glicol (PAG), poliésteres, biolubes, etc. Estos aceites base son frecuentemente mezclados con otros aceite base para potenciar las propiedades del aceite.

## ¿Qué son?

- Los aditivos son sustancias químicas sintéticas que proporcionan o potencian muchos de los parámetros de rendimiento de una base. Pueden potenciar las propiedades existentes, suprimir aquellas no interesantes o introducir nuevas propiedades.
- Se trata de compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o suspendidos (como sólidos) en el aceite.
- Pueden representar del orden del 0,1% al 30% del volumen de un aceite formulado.

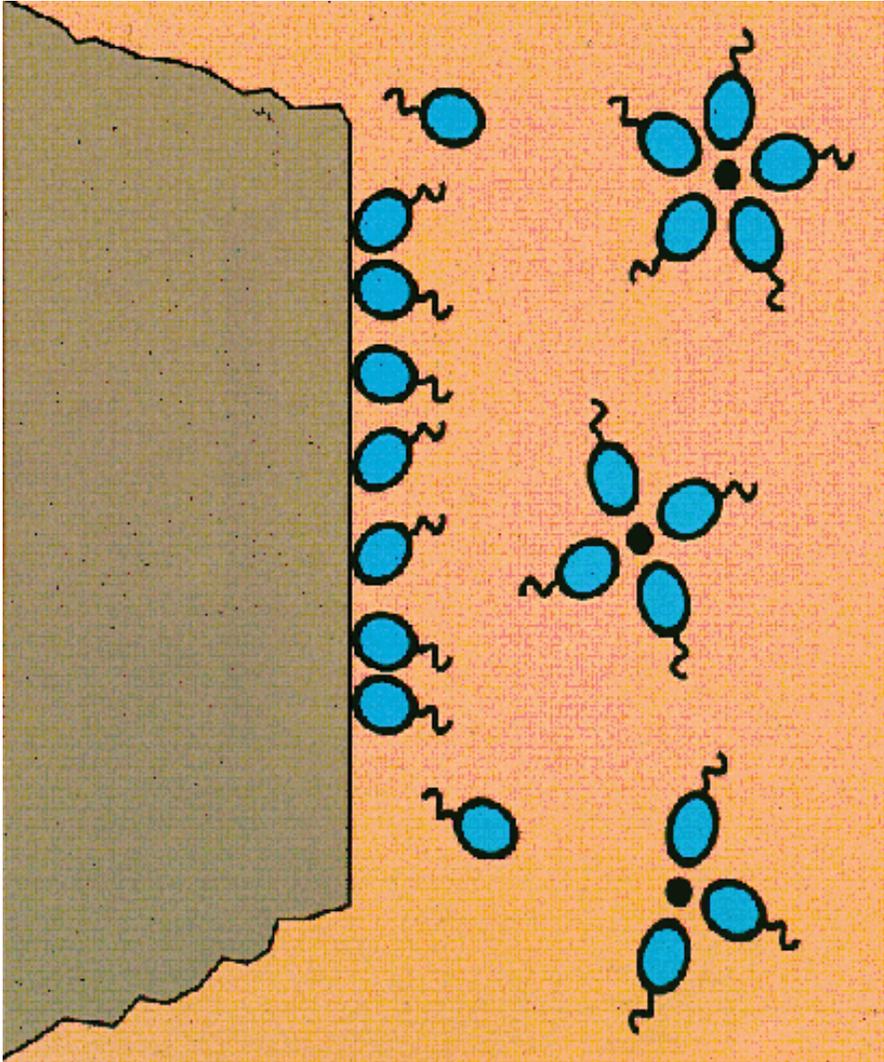
**Mejorador de las propiedades  
del aceite base**

- ✓ Antioxidantes
- ✓ Inhibidores de la corrosión y antiherrumbre
- ✓ Agentes antiespumantes
- ✓ Agentes demulsificantes
- ✓ Depresores del punto de congelación
- ✓ Mejorador del índice de viscosidad

**Aporta nuevas propiedades  
al aceite base**

- ✓ Aditivos Extrema Presión (EP)
- ✓ Detergentes y dispersantes
- ✓ Pasivadores de metales
- ✓ Agentes de adhesividad y untuosidad
- ✓ Modificadores de fricción

## ADITIVOS DETERGENTES

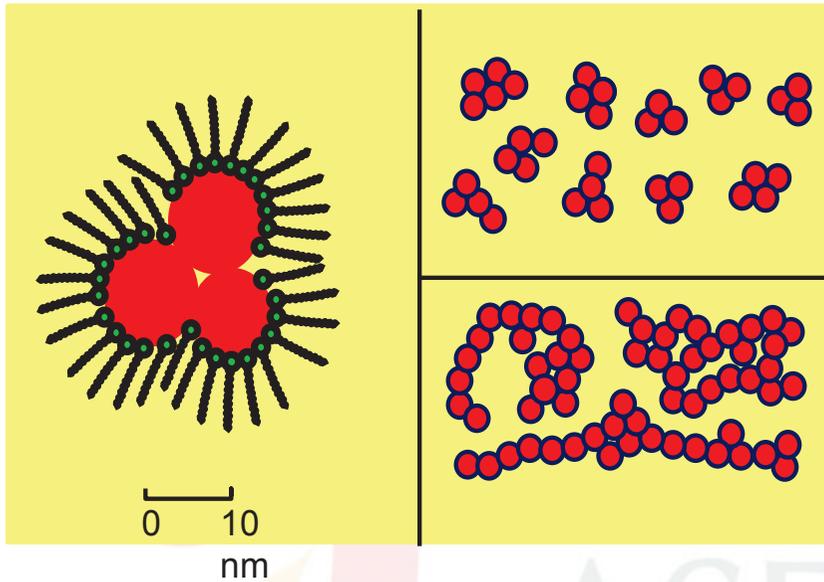


Trabajan en la zona más dura del motor (anillos, cilindros, pistones y válvulas) para mantener las superficies libres de depósitos, especialmente en los segmentos.

¿Cómo trabajan?

- ✓ Son esencialmente agentes limpiadores empleados para combatir los efectos de las altas temperaturas (lo que provoca oxidación).
- ✓ Reaccionan químicamente con sustancias que forman lodos, gomas, lacas y depósitos de carbono neutralizándoles y manteniéndoles solubles en lugar permitir su depósito sobre los componentes.
- ✓ Se trata de componentes órgano-metálicos a base de calcio, bario y magnesio.
- ✓ También tienen habilidad para neutralizar los ácidos gracias a su índice de basicidad, además, un grupo de detergentes llamado salicilatos tienen buenas características antioxidantes

## ADITIVOS - DISPERSANTES

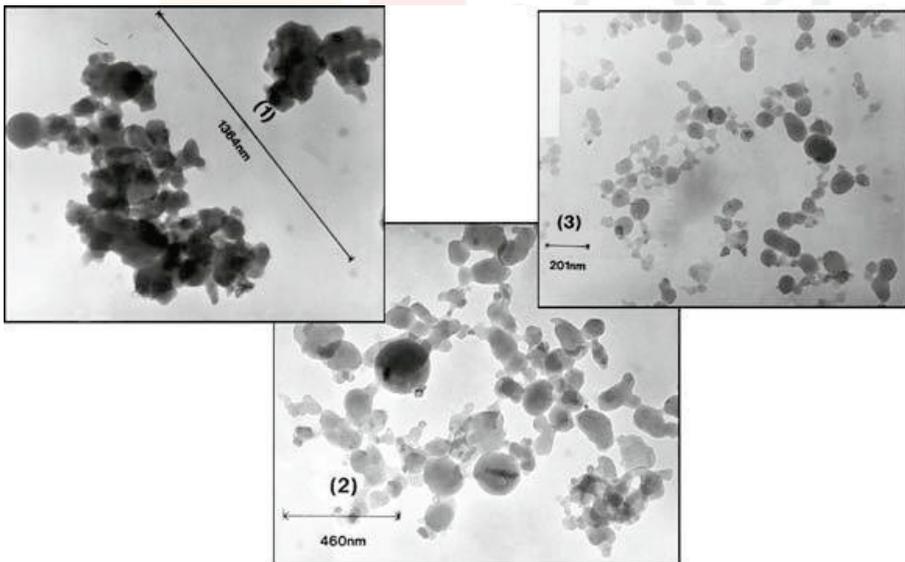


### Funciones:

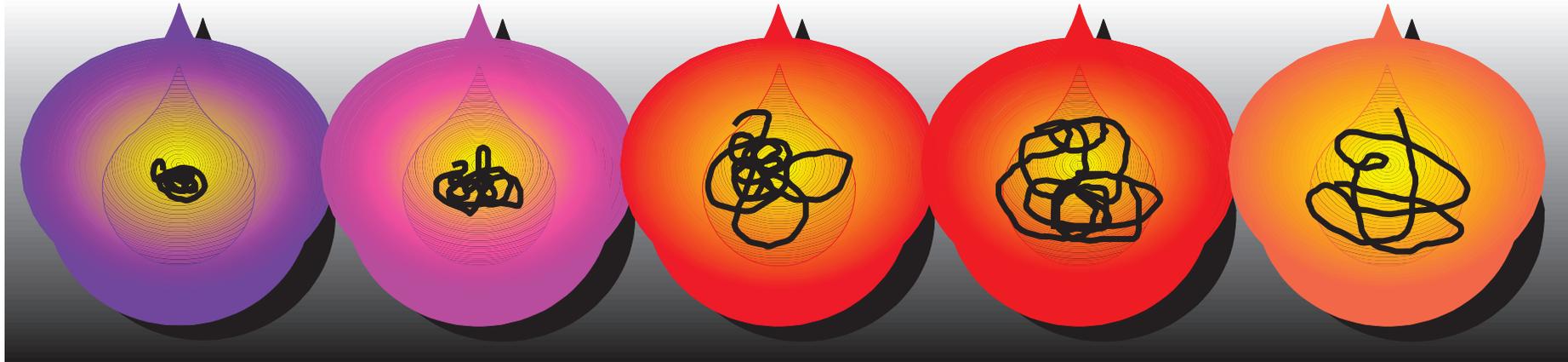
- ✓ Estabilizan los agentes contaminantes durante la vida del lubricante y ralentizan los efectos negativos del incremento de viscosidad, desgaste, bloqueo de filtros, etc..
- ✓ Están diseñados para mantener a los elementos potencialmente dañinos dispersos y en suspensión dentro del lubricante
- ✓ Combaten dos elementos:
- ✓ Partículas de hollín: (motorizaciones diesel)
- ✓ Lodos (Sludge): (motorizaciones gasolina)

### ¿Cómo trabajan?

- ✓ Se emplean aditivos polares para dispersar lodos y hollín evitando su aglomeración.
- ✓ El aditivo polar envuelve las partículas y las mantiene en suspensión.
- ✓ Se emplean succinimidias y otros compuestos orgánicos



## ADITIVOS – MEJORADORES DEL INDICE DE VISCOSIDAD

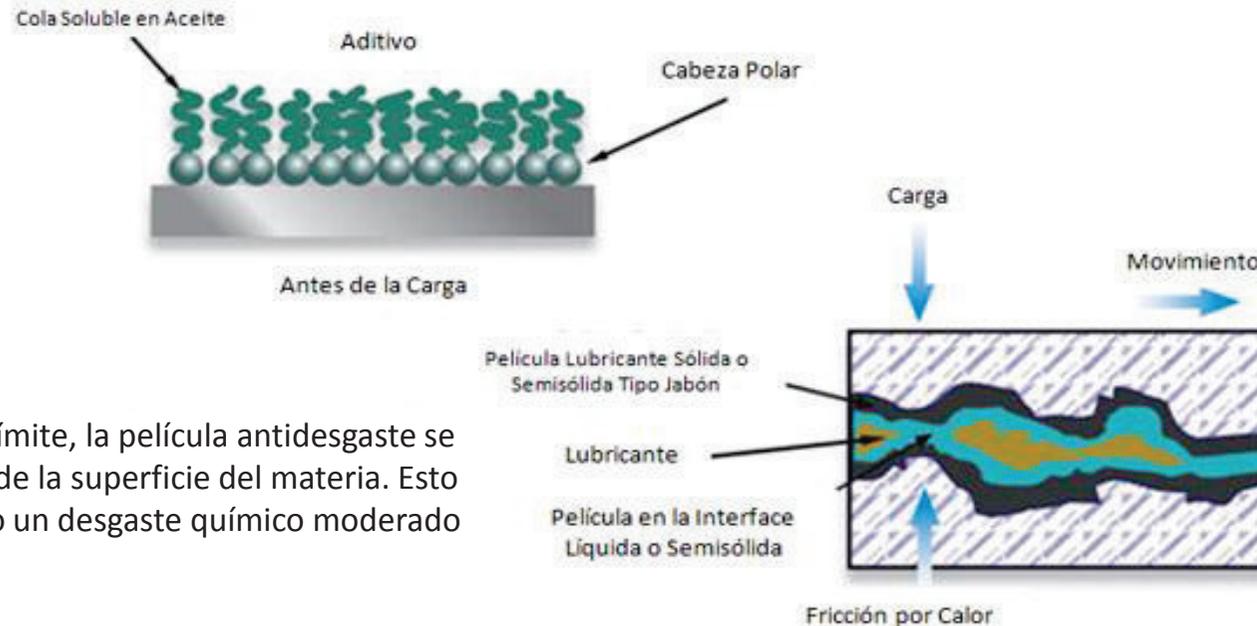


- ✓ Modificadores de viscosidad – Mantienen la viscosidad más estable con la temperatura.
- ✓ Moléculas orgánicas de cadena larga mezcladas con el aceite base. Utilizadas para incrementar el Índice de Viscosidad para el desempeño de la viscosidad en diferentes condiciones climáticas.
- ✓ A bajas temperaturas, la cadena de polímeros permanece compacta y ofrece poca resistencia al flujo. Según la temperatura aumenta, la cadena de polímeros comienza a desenroscarse interfiriendo unos con otros y con las moléculas del lubricante incrementando el arrastre viscoso. Esto permite que un lubricante multigrado mantenga su viscosidad en mayor grado si lo comparamos con un monogrado.

## ADITIVO ANTI-DESGASTE Y EXTREMA PRESIÓN

### Funciones:

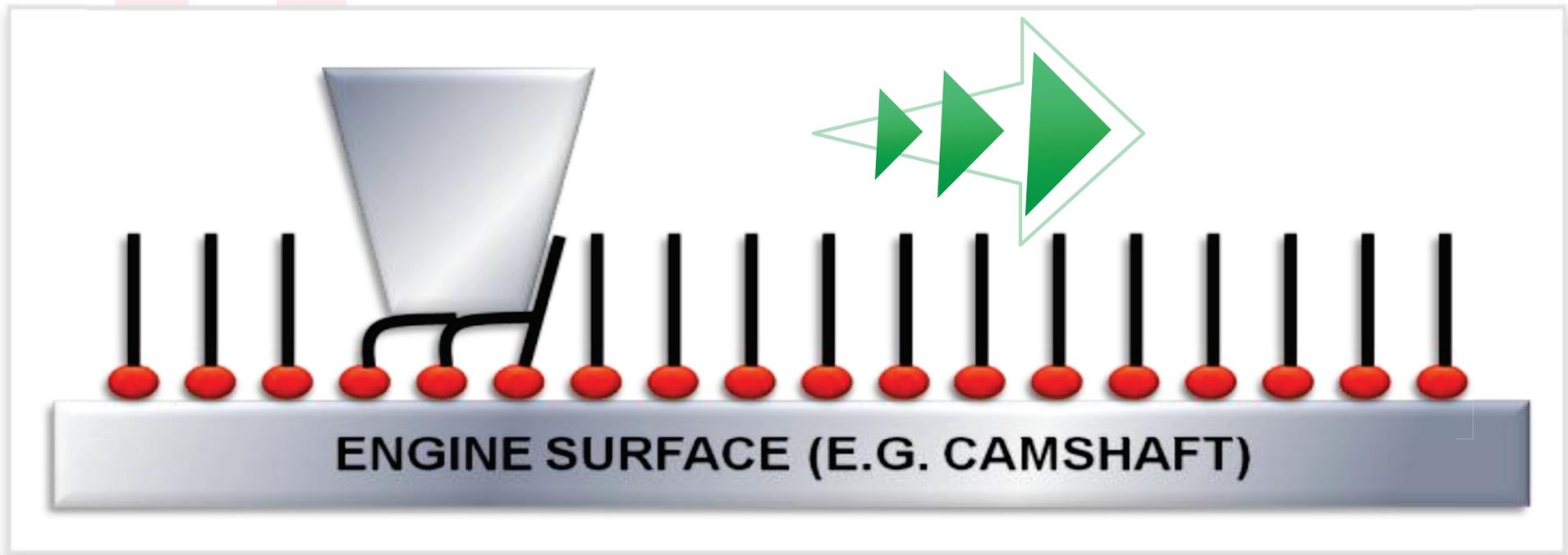
- ✓ Cuando dos superficies en contacto de una maquinaria comienzan a moverse y la lubricación hidrodinámica no se ha construido todavía o en el caso de estrés severo el sistema puede operar en el área de fricción mixta.
- ✓ En estos casos los aditivos anti desgaste y de extrema presión son esenciales para evitar la soldadura de las partes móviles.
- ✓ Estos aditivos anti-desgaste o de extrema presión son empleados para adherirse a las superficies metálicas creando una película sólida de lubricante evitando el contacto metal-metal.
- ✓ Esta película de lubricante sólido se genera solamente a altas temperaturas a las cuales la película de lubricante comienza a debilitarse.
- ✓ Estos aditivos son a base de Dialquilditiofosfato de Zinc (ZDDP) ditiofosfatos de molibdeno, y compuestos orgánicos a base de fósforo y azufre.



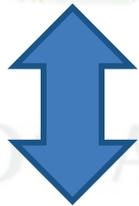
Bajo condiciones límite, la película antidesgaste se desgasta en lugar de la superficie del materia. Esto da como resultado un desgaste químico moderado (pulido).

## Características y funciones

- ✓ Reaccionan químicamente con las superficies metálicas formando una fina película protectora.
- ✓ Baja resistencia a la cizalla, facilitan el desplazamiento.
- ✓ Separación física de las superficies (buena fuerza compresora)
- ✓ Trabajan a temperaturas donde los aditivos antidesgaste y extrema presión no son todavía reactivos.
- ✓ A base de ácidos grasos orgánicos y molibdeno (más comunes).



## INHIBIDORES DE LA HERRUMBRE Y LA CORROSION



La oxidación y corrosión son causadas por la condensación de agua dentro de la maquinaria y debe ser repelida a través de la formación de una película lubricante sobre las partes metálicas con resistencia al agua

### Funciones de los inhibidores de herrumbre:

- ✓ Forma una película polar adherente a las superficies metálicas.
- ✓ La película repele el agua, lo que inhibe la formación de herrumbre

#### Tipos más comunes:

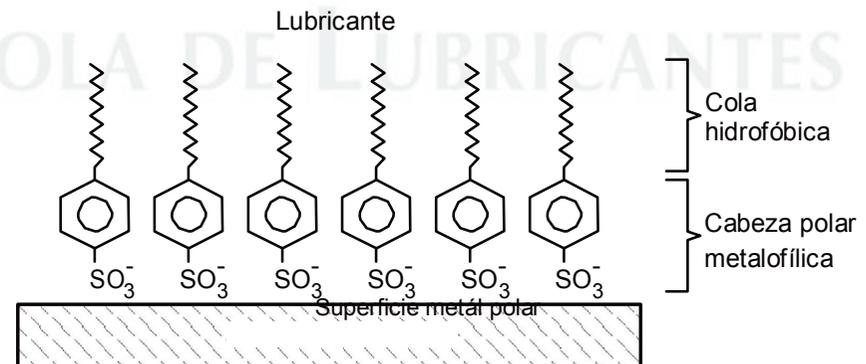
- Sulfonatos básicos

### Funciones de los inhibidores de la corrosión:

- ✓ Protegen los cojinetes a base de cobre, estaño y plomo, neutralizando los ácidos y sellando las superficies de contacto con el agua y ácidos corrosivos.

#### Tipos más comunes:

- Detergentes básicos, dispersantes emulsionantes de agua, y compuestos protectores de imidazol, benzotriazol y ZDDP.

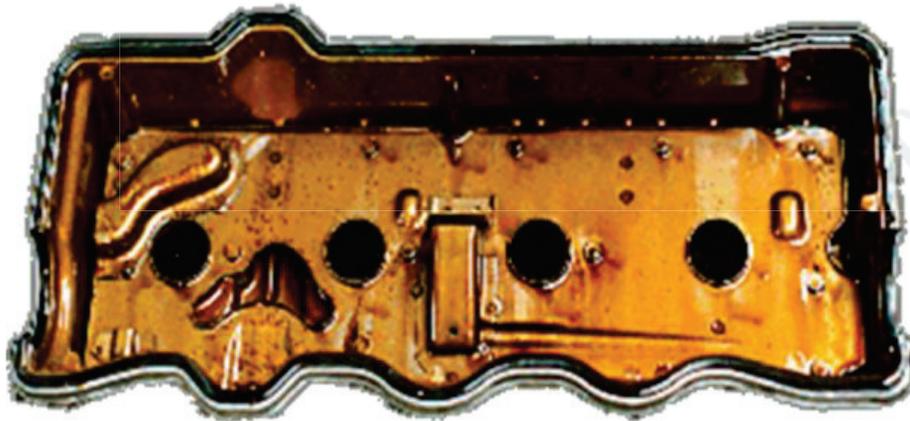


## OXIDACIÓN Y ADITIVOS ANTIOXIDANTES



Aceite Nuevo

Aceite oxidado  
de manera severa



### Oxidación:

- ✓ Mayoritariamente la funcionalidad del lubricante está limitada por el envejecimiento del aceite base.
- ✓ Típicas características de un lubricante envejecido son su decoloración y olor a quemado.
- ✓ En etapas más avanzadas la viscosidad comienza a incrementarse de manera significativa, comienza la formación de derivados ácidos procedente de la oxidación los cuales inducen a la corrosión y a problemas de lubricación
- ✓ Este proceso de envejecimiento u oxidación puede ser ralentizado gracias al uso de los aditivos antioxidantes.

### Funciones:

- ✓ Prevenir la formación de ácidos, barniz, lodos e incrementos de viscosidad derivados de la oxidación
- ✓ Como trabajan:
- ✓ Descomponen los hiperóxidos reactivos y radicales libres antes de que conduzcan a la oxidación

#### Tipos Comunes:

- Dialquilditiofosfato de Zinc (ZDDP) y fenoles
- Aminas aromáticas