



INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

CURSO DE FORMACIÓN



PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN, GESTIÓN Y SUPERVISIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS PESADOS

Ing. CIP, CMRP Edison Muñante Mendoza

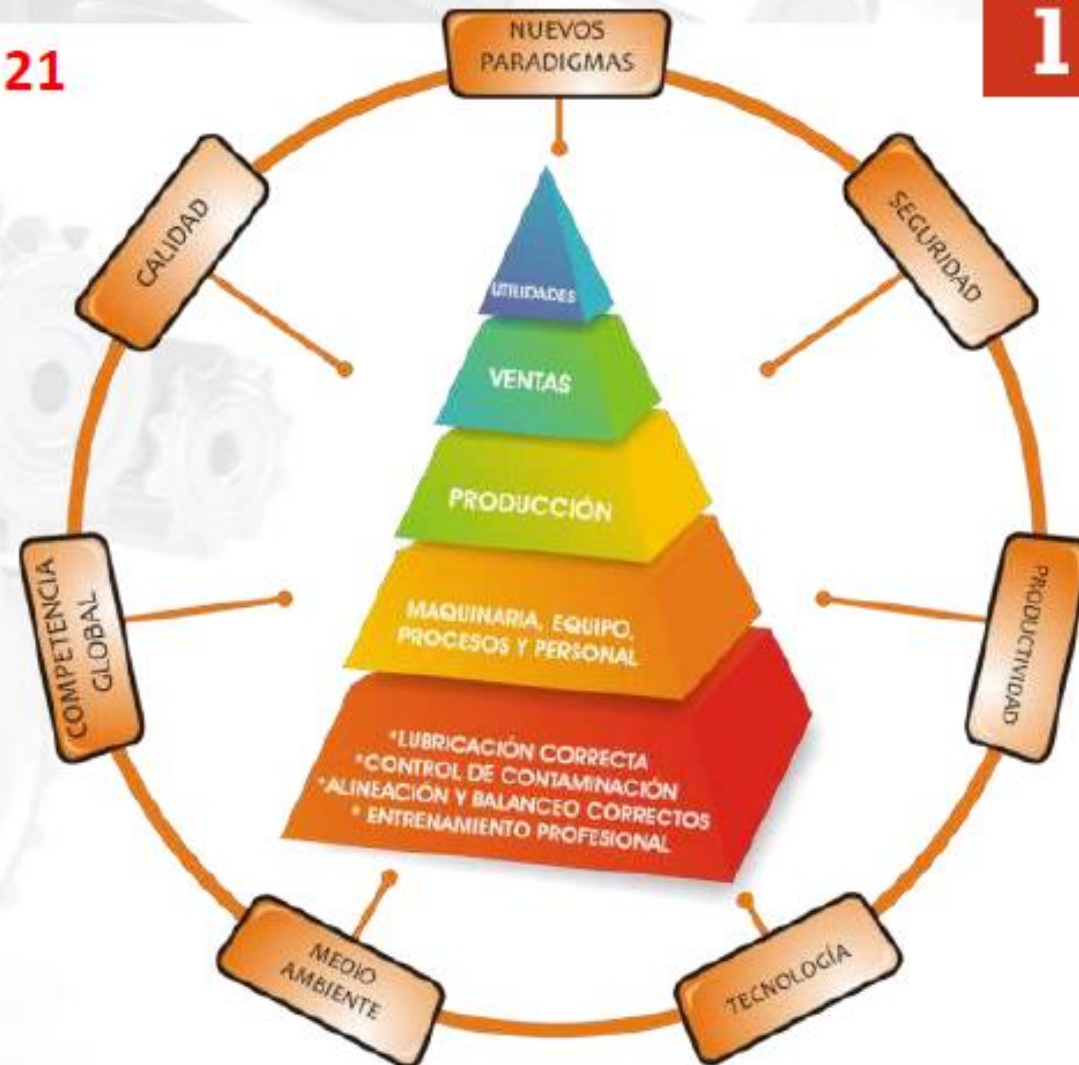
Módulo 5

Tribología en Maquinaria pesada

1. Fundamentos de Lubricación

LA LUBRICACIÓN EN EL SIGLO 21

- Los cambios en los últimos años empujan al límite, las aptitudes y las actitudes...
- Se hace imperativo una nueva estructura del Mantenimiento
- Nuevas metodologías: RCM, TPM, RCT, PAS 55: ISO 55000, etc.



Evolución de las prácticas de mantenimiento

World XI Conference & Reliable Asset World, Terry Harrys (CMR Professional / CMRT) “How to Perform an Asset Critically Assessment”



- 55% Correctivo
- 30 % Preventivo
- 12% Predictivo
- 2% Otros (incluido proactivo)



Mantenimiento lucrativo (Profitable Maintenance)

● Más de 53 % de las áreas de oportunidad de mejora en la Planta, se encuentran en el área de la lubricación

● Cerca del 60% de las fallas se relacionan con una deficiente lubricación o con la contaminación del fluido lubricante
(K. Bannister, “Lubrication for Industries” - 2005)

Gobierno Británico

**JOST
REPORT**



British Ministry of State for
Educational and Science



H. Peter Jost

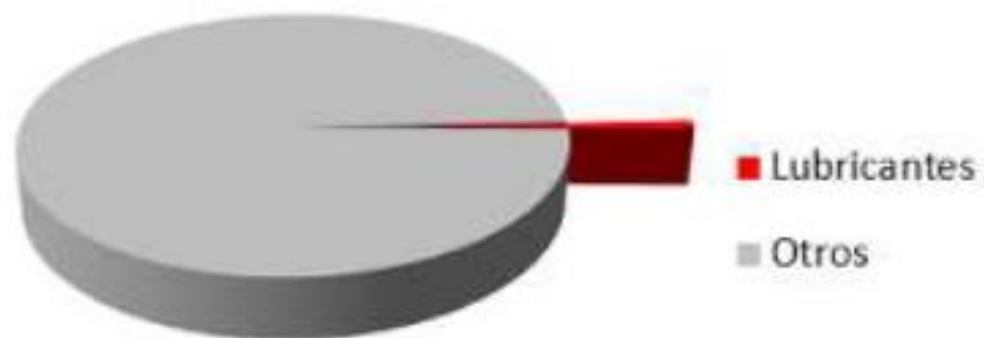


Reducción en consumo de energía por reducción de fricción	7.5%
Ahorro en costos de lubricantes	20%
Ahorro en reparaciones	20%
Ahorros por paros	X %
Ahorro en eficiencia, min	1%
Ahorro por mayor vida del equipo	5%
Ahorros en mano de obra	0.12%
TOTAL	> 53%

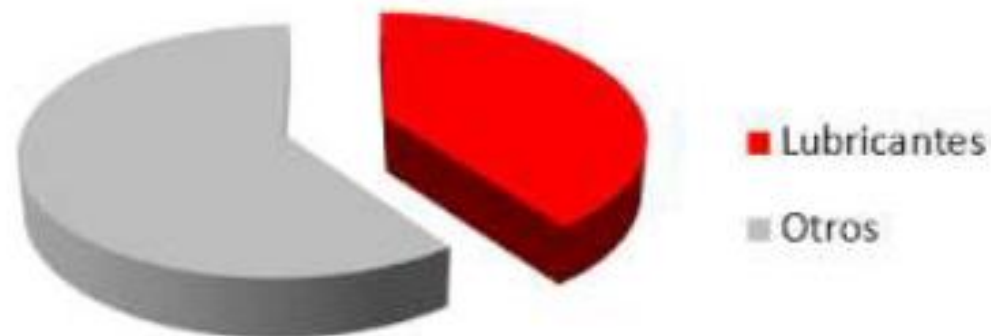


Influencia de la lubricación en el presupuesto de mantenimiento

Presupuesto Mantenimiento



Influencia en el mantenimiento



INVERTIR EN UN PROGRAMA DE LUBRICACION DE CLASE MUNDIAL ES, POR LO TANTO, UNA INVERSION INTELIGENTE...

Evolución del rol del lubricador en la organización

PRECONCEPTO

“Sí, lubricar es algo muy importante y es algo que debe hacerse”

REALIDAD

¿Quién es el personal dentro de la organización que se encarga de la lubricación?

¿Es personal altamente entrenado?

¿Es personal consciente de la importancia de Lubricar?

¿Es personal certificado?

¿Existen procedimientos de lubricación en la organización o solo son OT'S (órdenes de trabajo) con la instrucción de “lubricar”?

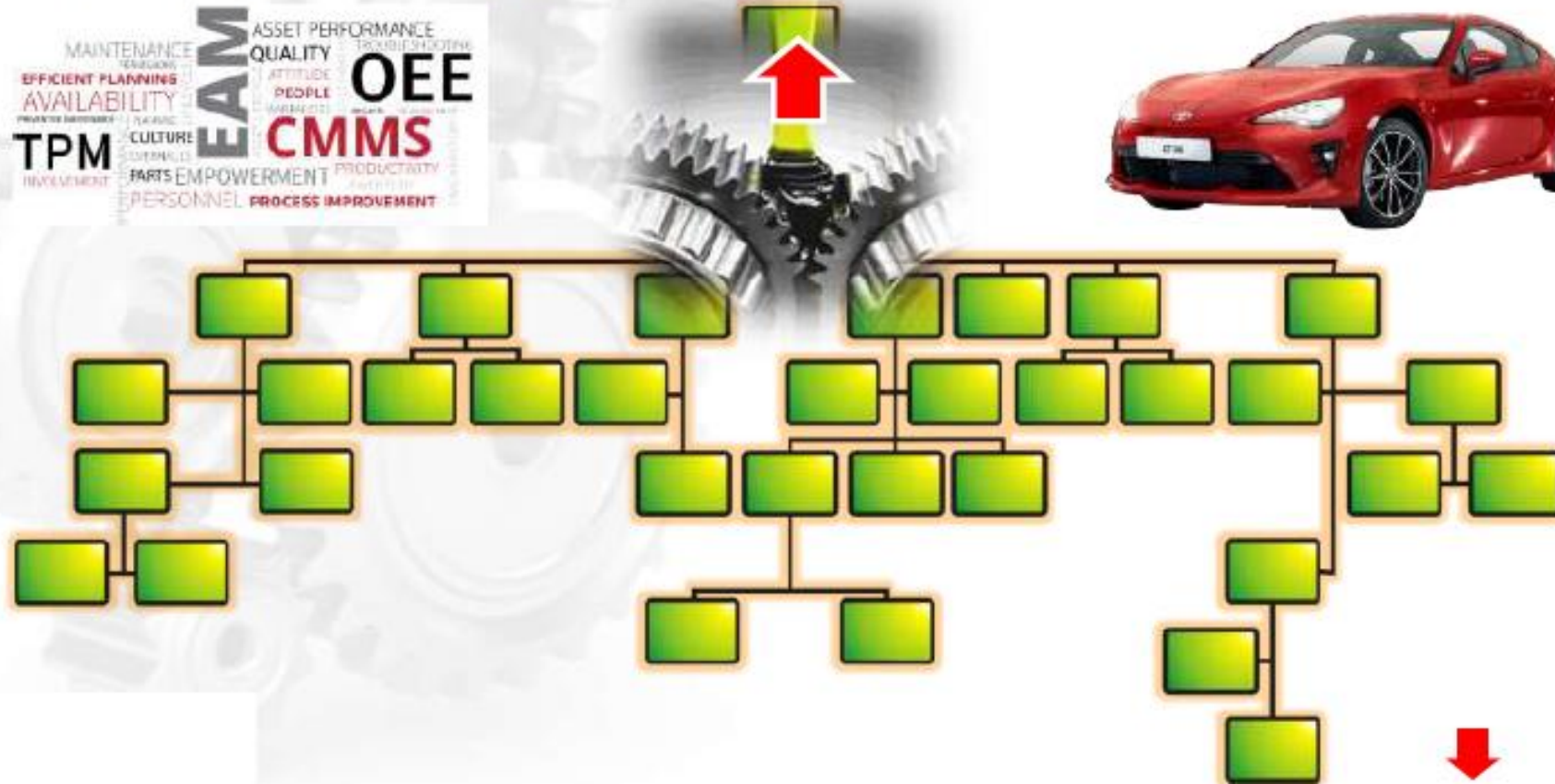
¿Está integrado su programa de lubricación al CMMS de su empresa (SAP, Máximo, JD Edwards, etc.)?



Evolución del rol del lubricador en la organización

IMPORTANCIA DE LA FUNCIÓN DE LUBRICACIÓN

¿En qué parte de su organización se encuentra la función de lubricación?



¿Que practicas de lubricación tiene actualmente?



¿ALGUNA VEZ HA VISTO ALGO PARECIDO?

**¿SE TIENE DEFINIDO POR CALCULO LA CANTIDAD Y LA FRECUENCIA
CORRECTAS DE LUBRICACION?**

¿Se tienen los lubricantes correctos?



**ACEITE PARA
ENGRANES:**

**¿ISO 220 EP, 320 EP
O 460 EP?**

Y, POR OTRO LADO TENEMOS A LA CONTAMINACIÓN CON PARTICULAS SÓLIDAS EN LOS LUBRICANTES... QUE SON LA DESTRUCCIÓN DE LA MAQUINARIA... POR EJEMPLO, EN EL CASO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO

80 %



Especial atención
para examen de
certificación en
base a Norma ISO
18436-4



**Y EL AGUA ES OTRO ENEMIGO QUE REDUCE
SIGNIFICATIVAMENTE LA VIDA DE LA MAQUINARIA...**

Estudios han demostrado que la vida de un rodamiento se puede aumentar

**80 % DE REDUCCION DE VIDA
 L_{10} DEL RODAMIENTO**



Referencia:
"Effect of water in lubricating oil on bearing fatigue life, 31st annual ASLE meeting."

CONTAMINACIÓN Y PÉRDIDA: ¿CUÁL ES EL EFECTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA PRODUCTIVIDAD DE SU EMPRESA?



EMPRESA / INSTITUCIÓN	% DE CAUSA RAÍZ DE FALLA
Vickers	80%
Denison	70%
M.I.T	< 70%
Caterpillar	80%
Techgnosis	80%
Pall	80%
Hydac	90%
Reporte K1AOR6 (Consejo Nacional de Investigación de Canadá, Ottawa, Ontario)	> 80%
Lubrication Engineers	82%

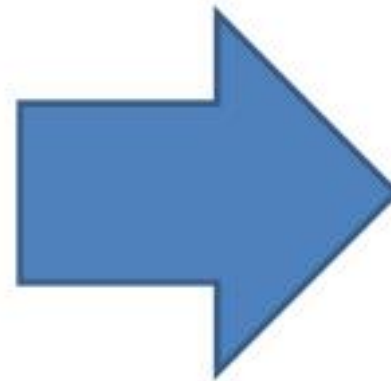
SKF: POR CADA INCREMENTO DEL AGUA AL DOBLE EN EL LUBRICANTE, LA VIDA DEL RODAMIENTO SE REDUCE CASI A LA MITAD

80%

POR TANTO: SI SE TOMAN ACCIONES SISTEMATICAS, CONCRETAS E INMEDIATAS PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN, SE INCREMENTAN LAS UTILIDADES DE LA EMPRESA

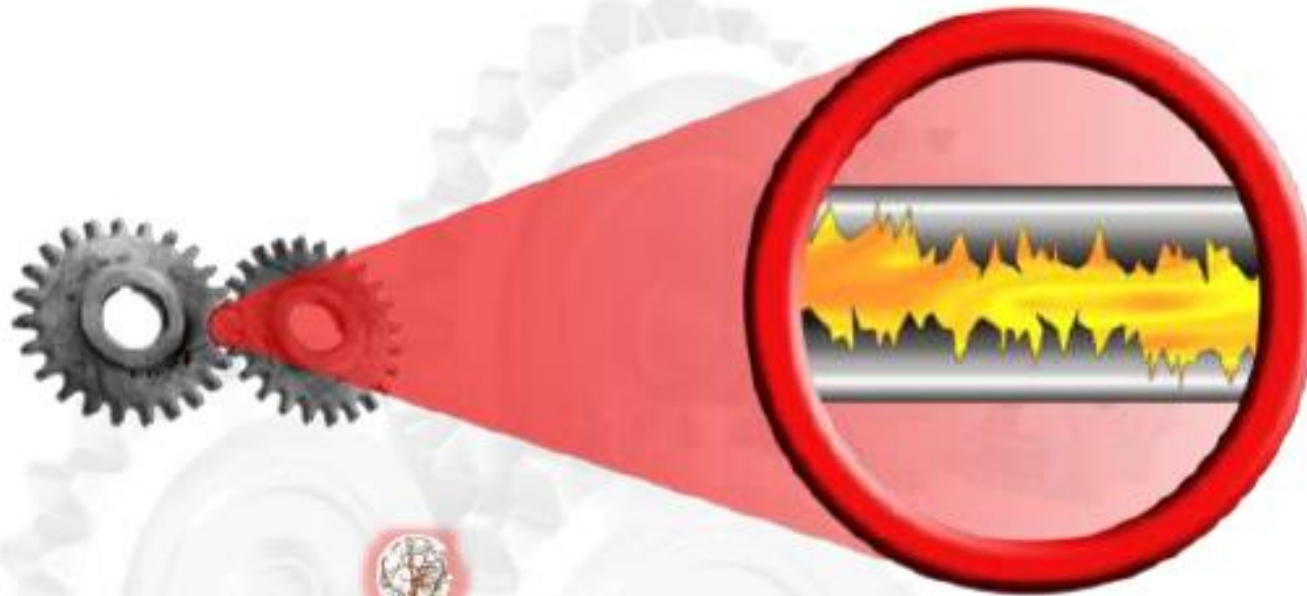
2. Tribología: Fricción, Desgaste y Lubricación

AÚN LA
SUPERFICIE
MÁS LISA
TIENE
RUGOSIDADES



FRICCIÓN ES
LA FUERZA
QUE SE OPONE
AL
MOVIMIENTO
DE 2
SUPERFICIES

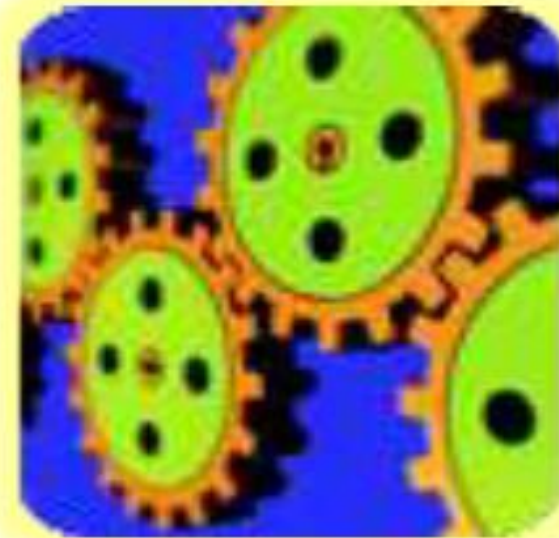
La película lubricante



Espesor típico de película:
0.5 a 20 micrones
1 micrón = 0.000001 metro



**“EL LUBRICANTE ES
LA SANGRE
DE SU MAQUINARIA Y
SU EQUIPO”**



¿Qué es la tribología y cuál es su campo de estudio?

Término utilizado desde fines del siglo XX. Deriva de la palabra griega “Tribos” (frotar, rozar) y “Logos” (estudio, tratado). Hoy se usa para definir la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación de las superficies en contacto o movimiento relativo



STLE

La palabra fue introducida en un reporte del Departamento Británico de Educación y Ciencia a mediados de los 60's.

Fin de la Tribología:

Prolongar la vida útil de los equipos y componentes mecánicos, por medio del control y reducción del desgaste de los mismos a través de la lubricación



Especial atención para
exámenes de certificación
en base a Norma ISO
18436-4



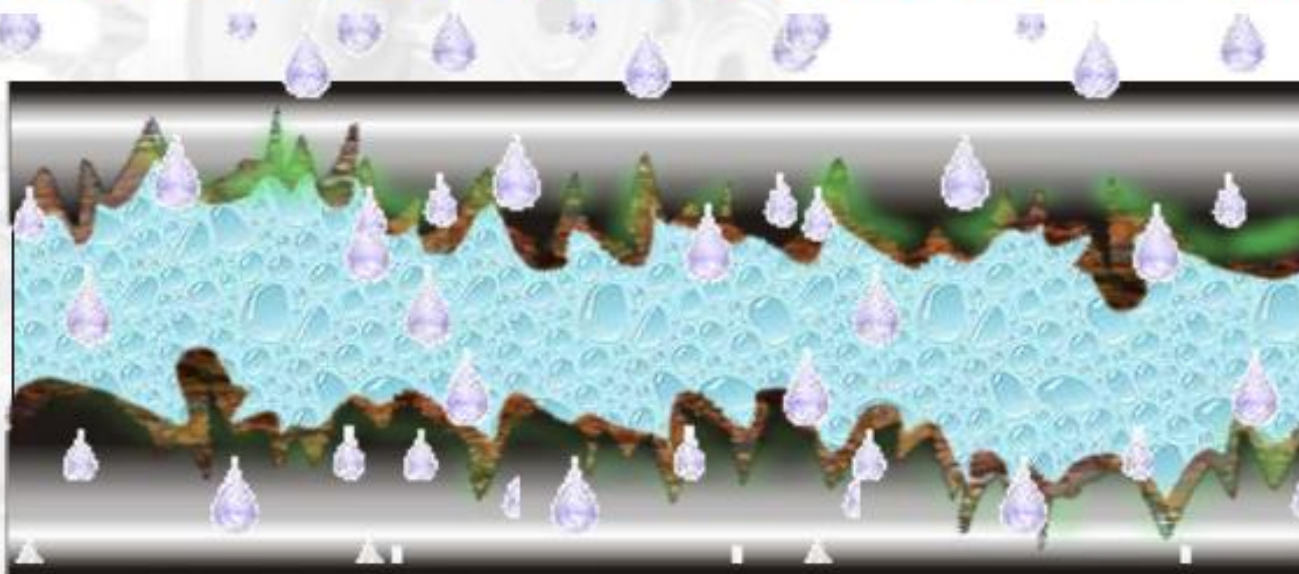
EL EFECTO DE LA FALTA DE MANTENIMIENTO EN EL DESGASTE

Y LA PERDIDA DE PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA



Y SIN EMBARGO, AUN CUANDO EL LUBRICANTE APORTA TAN ALTA CAPACIDAD DE CARGA, ELLO **NO ES SUFICIENTE...**

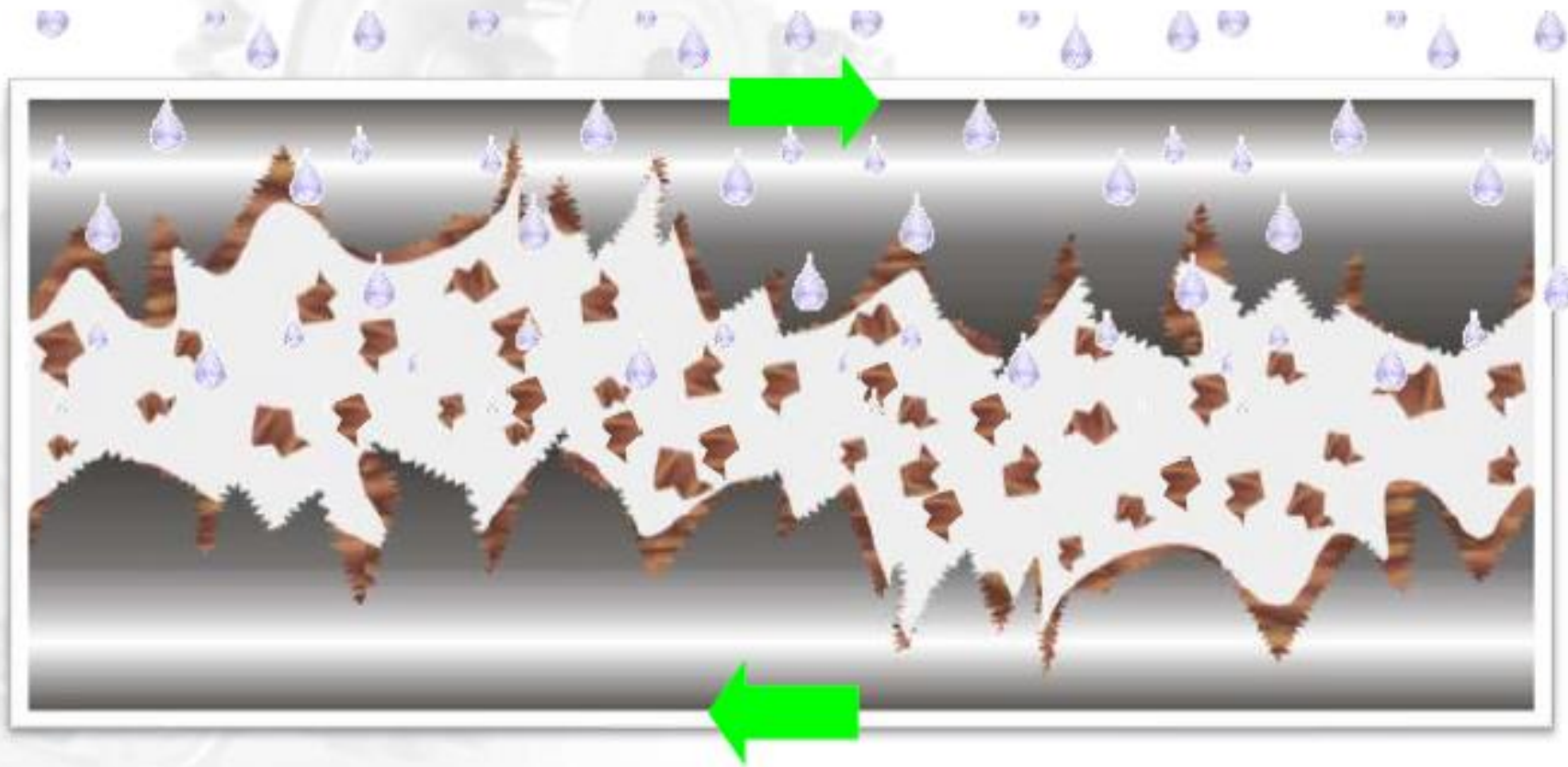
PUES SE TIENE LA PRESENCIA DE AGUA, LA CUAL ...



... CORROE AL METAL, OXIDA EL ACEITE Y AGOTA LOS ADITIVOS

EFECTO DEL AGUA

DESGASTE POR CORROSIÓN (HERRUMBRE = ÓXIDO DE HIERRO)



**EL MONSTRUO DE LA
CORROSION es FeO...**

**FeO = óxido de hierro
(herrumbre)**

**CAUSA DE FALLA DE
LA MAQUINARIA Y
PERDIDA DE
PRODUCTIVIDAD**



DESGASTE... LA DESTRUCCIÓN DE LA MAQUINARIA

DESGASTE: Pérdida de parte de la superficie de un material, como resultado de una acción mecánica y/o química

ADHESIVO:

Por contacto metal-metal transferencia metálica y microsoldaduras, debido a falta de película lubricante y altas cargas

EROSION:

Desgaste causado por la acción de un fluido –gas o líquido-, se incrementa si el fluido choca vs la superficie a alta presión y si además, contiene partículas sólidas duras, como en un sistema hidráulico, por ejemplo

POR FATIGA:

Desprendimientos superficiales por prolongados esfuerzos mecánicos



ABRASIVO:

Rayado por partículas duras en el lubricante (Efecto “lija”)

POR CAVITACIÓN:

Formación de cavidades por impacto implosivo de burbujas en el fluido

CORROSIVO:

Alteración de las superficies por ataque químico (por agua, por ejemplo)

LUBRIMAN

PODERES

- Mantiene separadas las superficies
 - Resiste altas cargas
 - Evita la fricción
 - Evita el desgaste
 - Aumenta la Confiabilidad de la maquinaria
- **LUBRICAR = SEPARAR**



Esesor típico de película lubricante: de 0.5 a 20 micrones

Viscosidad

- ❁ Es la resistencia a fluir
- ❁ Es también una medida de la fricción interna del aceite
- ❁ Es la propiedad más relevante del aceite para fines de lubricación, pues aporta el espesor de película necesario para mantener separadas las superficies lubricadas





VISCOSIDAD CINEMÁTICA

MÉTODO

ASTM - D 445

DESCRIPCIÓN

Se mide el tiempo (en segundos) necesario para que un volumen determinado de aceite fluya bajo la acción de la fuerza de gravedad a través de un viscosímetro (capilar) calibrado. Actualmente se usan viscosímetros automáticos

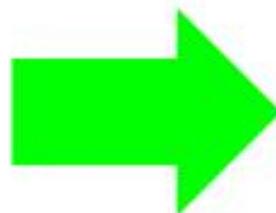
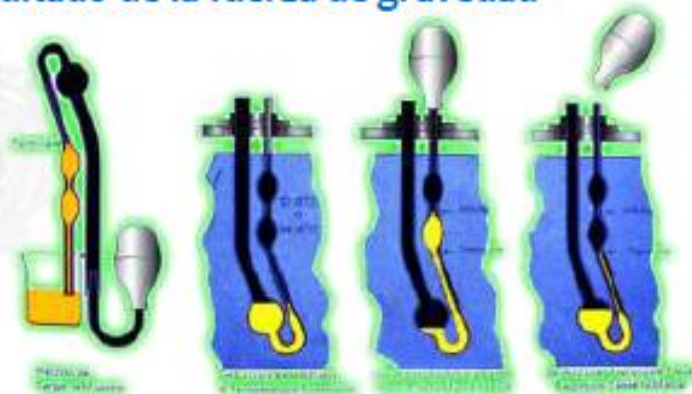
La viscosidad dinámica (en centiPoises, cP) puede obtenerse al multiplicar la viscosidad cinemática (en centistokes, cSt) por la densidad (en gr/cm^3) del aceite. Densidad típica del aceite = $0.89 \text{ gr}/\text{cm}^3$

Se multiplican los segundos por la constante del viscosímetro para obtener los centiStokes

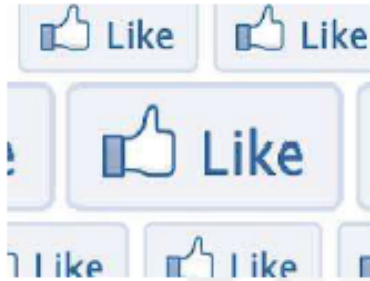
Mayor tiempo \rightarrow mayor viscosidad (y viceversa)

¿QUÉ MIDE?

- La viscosidad del aceite en cSt @ 40°C y @ 100°C
- La viscosidad cinemática es la resistencia a fluir como resultado de la fuerza de gravedad



Unidades de viscosidad cinemática y dinámica o absoluta



Y las unidades de viscosidad en orden de popularidad (uso) son:

1. centiStokes (cSt) = mm²/seg

2. centiPoises (cP)

3. Segundos Saybolt Universal (SSU)

cP = cSt x densidad ~ 0.89 x cSt
SSU = 4.55 x cSt

Engler* = cSt / 7.45

Segundos Redwood = cSt / 0.2469

* La densidad promedio del aceite @ 24 °C es de 0.89 gr/cm³

4. Segundos Redwood

5. Grados Engler



TALLER: Un aceite tiene 100 cSt de viscosidad. ¿Cuál es su viscosidad en cP y en SSU?

cP =

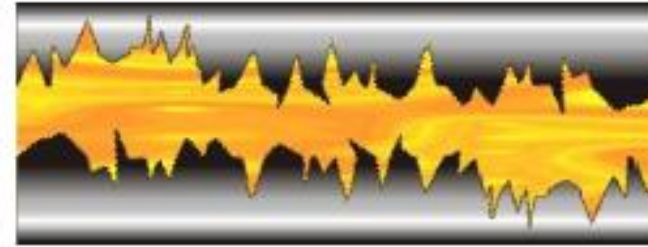
SSU =

Efecto de la temperatura en la viscosidad del aceite

“A MAYOR TEMPERATURA, MENOR VISCOSIDAD Y VICEVERSA”

**AUMENTO DE TEMPERATURA:
REDUCCION DE LA PELICULA
LUBRICANTE... CONTACTO
METAL – METAL Y EVENTUAL
DESGASTE...**

**REDUCCION DE TEMPERATURA:
AUMENTO DEL ESPESOR DE LA
PELICULA LUBRICANTE, MENOR
FLUIDEZ, MENOR LUBRICACION...**



Sin
fricción



Fricción
sólida



Fricción
fluida

Comportamiento viscosidad vs temperatura

El comportamiento viscosidad vs temperatura es exponencial:

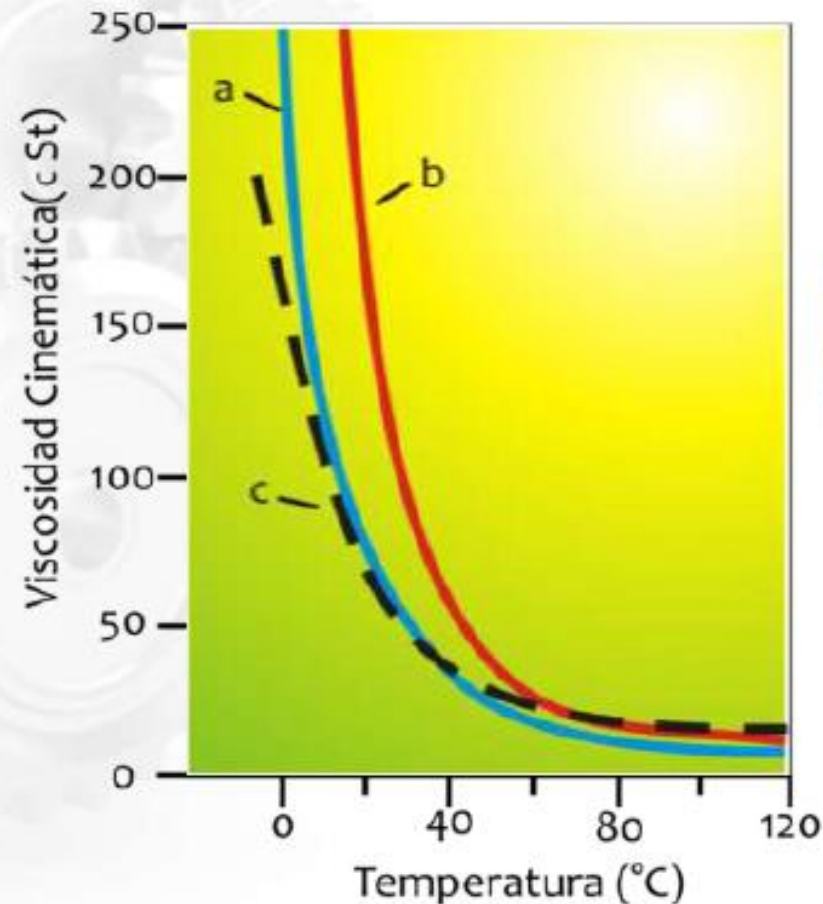
La viscosidad se reduce al aumentar la temperatura y viceversa.

Curva V-T ARITMETICA para varios aceites:

a, aceite básico parafínico
b, aceite básico nafténico
c, aceite vegetal.



Especial atención para
examen de certificación
en base a Norma ISO
18436-4



$T = -10^{\circ}\text{C}$



$T = 80^{\circ}\text{C}$

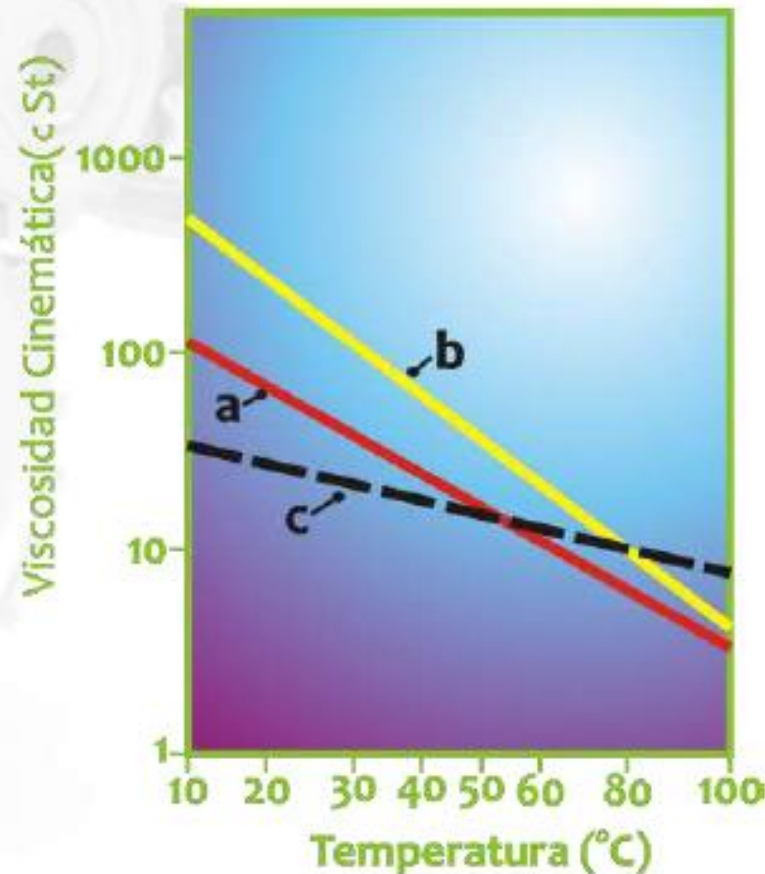
Comportamiento viscosidad vs temperatura

$$\log \log (V+C) = K-m \times \log T$$

Donde:

- C y K → son constantes
- T → es la temperatura en grados Kelvin
- m → es la pendiente de la línea V-T
- V → es la viscosidad cinemática en centiPois

NOTA: La ecuación Ubbelohde – Walter constituye la base de los métodos de cálculo establecidos por ASTM (American Society for Testing and Materials) y DIN (Deutsches Institut für Normung)



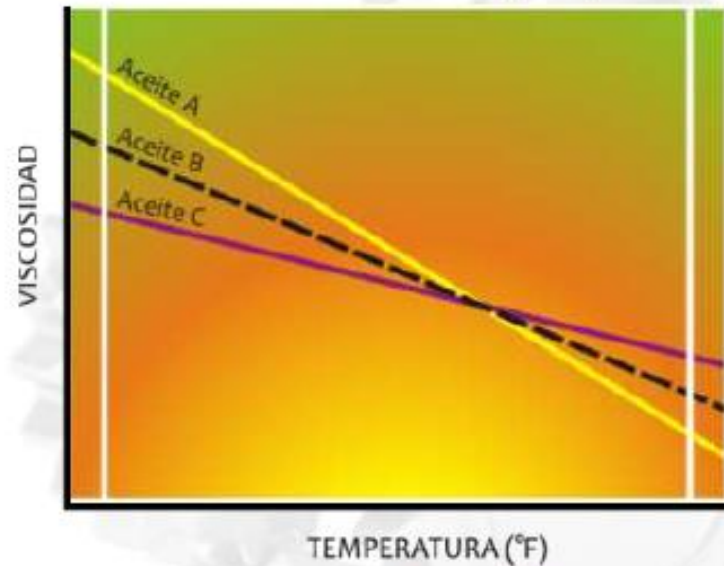
Curva V - T
LOGARITMICA para
varios aceites:

a, aceite básico
parafínico
b, aceite básico
nafténico
c, aceite vegetal.

Índice de viscosidad (IV)

El IV es una medida de qué tanto cambia la viscosidad al variar la temperatura

- Un IV “alto” (mayor a 90) significa que el cambio es menor
- Un IV “bajo” (menor a 70) significa que el cambio es mayor



¿Qué aceite (A, B ó C)
Preferiría para
lubricar su maquinaria?

¿Por qué escogió el aceite?

Índice de Viscosidad de Varios Aceites

	Viscosidad Cinemática cSt		Índice de Viscosidad (IV)
	40°C	100°C	
Aceite Nafténico	30	4.24	40
Aceite Parafínico	30	5.23	105
Polliglicol	120	20.9	200
Silicón	120	50.0	424
Aceite Multigrado de Motor (SAE 10W - 30)	70	11.1	165
Ester	30	5.81	140

El índice de viscosidad de un aceite se determina a partir de la viscosidad en centiStokes (cSt) @ 40 °C y @ 100 °C

SISTEMAS DE CLASIFICACION DE VISCOSIDAD

ISO:
International
Standards
Organization

SAE:
Society of
Automotive
Engineers

AGMA:
American Gear
Manufacturers
Association



Unidades más
comunes
de la viscosidad
Cinemática



Fabricación de aceites lubricantes



Básicos y tipos de básicos





INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

